# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 30 MAI 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Ion Cârstoiu**, Professeur à l'Université *Johns Hopkins*, à Baltimore, **Abe Gelbart**, Professeur à l'Université de Syracuse, États-Unis, **C. A. Truesdell**, Professeur à l'Université de Maryland, Conseiller du Service des recherches du Ministère de la Marine des États-Unis, **Adrien Pouliot**, Doyen de la Faculté des Sciences de Québec, qui assistent à la séance.

M. le **Président** informe l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 8 juin au lieu du lundi 6.

### ÉLECTRONIQUE. — *Cibles à transparence électronique.* Note (*) de M. **René Barthélemy**.

Poursuivant l'étude des cibles minces légèrement conductrices, dont j'ai donné par deux Notes de janvier 1948, les résultats, dans le cas de cibles en verre voisines d'une grille, il est apparu que les dimensions de la trame et la distance grille-verre ne pouvaient guère être diminuées et limitaient ainsi la qualité des images transmises, une conclusion s'imposa naturellement, car le rapprochement indéfini de la grille de la cible en verre, et l'augmentation du nombre de ses mailles, conduisent, à la limite, au dépôt d'une couche métallique mince et continue, sur une des faces de la cible.

Cette conception rejoignait ainsi partiellement des idées déjà exprimées par G. Pelletier, par le Professeur F. Schröter, sur l'utilisation d'un feuillet métallique (fenêtre de Lenars) dans les analyseurs de télévision, avec cette différence, qu'en plus de la pellicule mince conductrice, l'image électronique

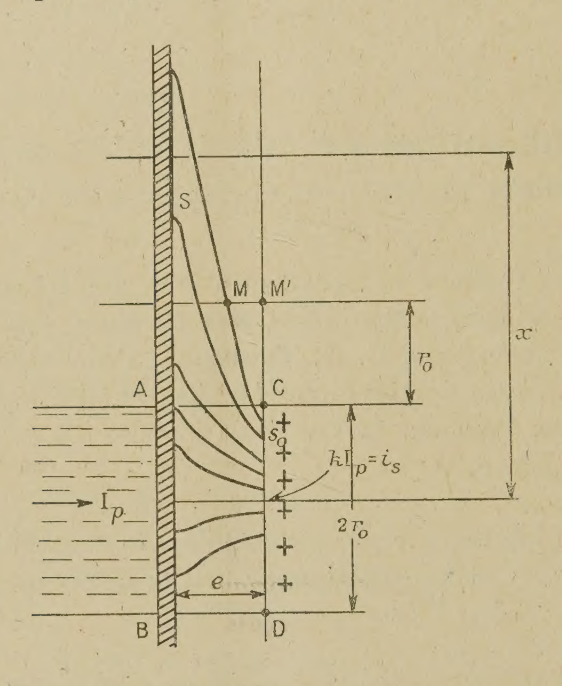
---

(*) Séance du 16 mai 1949.

projetée doit traverser une couche isolante d'une certaine épaisseur, dont l'autre face est explorée par le faisceau à électrons lents.

La présente Note constitue la suite de l'étude présentée par les deux précitées, concernant le calcul de l'étalement du flux électronique dans le verre, afin de régler la question de la définition avant de passer à l'examen de l'ensemble de l'analyseur.

La cible mixte comporte, (*fig.* 1), la couche métallique adjacente à un diélec-




trique légèrement conducteur de 3 à 4 μ d'épaisseur. On envoie un faisceau $I_p$ à grande vitesse (20 à 25 000 volts) provenant de la photocathode qui traverse le métal et la couche isolante. Il libère, à la sortie, des électrons secondaires $i_s$ qui sont collectés par une anode de potentiel légèrement plus élevé.

On suppose pour simplifier que l'impact a la dimension d'un point image. Tout se passe comme si un courant positif $kI_p$ ($k$ coefficient d'émission secondaire) entrait dans le verre en CD. Il se dirige vers l'électrode métallique. La constante de temps du diélectrique étant supérieure à quelques centièmes de seconde, malgré l'abaissement de la résistivité dû à l'impact à grande vitesse, le potentiel monte en CD, entre deux analyses, à une valeur de l'ordre du volt. L'approximation indiquée dans la première Note de janvier 1948, montre que l'intensité est presque totalement contenue dans le cylindre ABCD de rayon $r_0$ ($r_0$, rayon du point image), mais elle ne fait pas connaître la distribution du potentiel le long de la paroi libre de l'isolant, que parcourt le faisceau analyseur, dans le cas où l'autre paroi est conductrice.

Un essai à la cuve permettrait de se rendre compte de la distribution des

lignes de courant et de déterminer expérimentalement la valeur des tensions au voisinage du point d'impact, mais l'extrême raréfaction des filets à une certaine distance de la section principale rendrait l'interprétation incertaine.

Nous nous en sommes tenu à un calcul basé sur quelques hypothèses simples comme celle de la densité de courant uniforme dans la section de départ CD, et celle de la progression d'un flux de courant, partant d'une section $S_0$, de CD, et aboutissant à une section S de la couche conductrice, à l'intérieur d'un volume assimilé à un tronc de cône.

Le potentiel cherché, du point M' distant de $2r_0$ du centre du point image CD est la limite vers laquelle tend le potentiel du point M, de la surface du cône s'appuyant sur $S_0$ et S, quand la distance $x$ de la section S, à la région CD, croît indéfiniment. Nous avons trouvé, avec l'épaisseur $e$, de 4 μ (10 fois plus petite que le diamètre du point image), que la tension du point M' par rapport à la couche conductrice était très faible à côté de celle communément admise en télévision pour la création d'un bon contraste noir-blanc. On constate ainsi qu'on n'est pas limité, avec ce dispositif, dans la définition de l'ordre de 1 000 lignes, par la diffusion des charges dans l'isolant.

Ces travaux représentent une partie de l'étude du nouvel analyseur; une Note ultérieure abordera d'autres aspects, et précisera une intéressante constatation, effectuée sur la traversée par des électrons rapides, des couches isolantes, dont la résistivité devient alors variable.

## BIOLOGIE. — *Sur les rapports théoriques entre écarts et mutations.* Note de M. **François Grandjean.**

Je n'envisage ici que la variation discontinue la plus simple d'un caractère et je désigne cette variation par $AB$. $A$ et $B$ sont les deux modalités possibles, et les seules possibles, du caractère. Elles sont reconnaissables sans ambiguïté. On observe l'une et l'autre dans une génération appartenant à une lignée pure. Un individu quelconque, dans cette lignée, montre l'une ou l'autre (1).

Quand la variation $AB$ se fait par écarts l'état de nos connaissances (2), bien qu'encore très médiocre, nous autorise à penser que les probabilités $p$ et $(1-p)$ de $A$ et $B$, dans la lignée, sont des grandeurs principalement héréditaires. Les fréquences relatives de $A$ et $B$ se maintiennent dans les générations successives. Une génération dont les parents étaient porteurs de $A$ ne se distingue pas en moyenne d'une génération dont les parents étaient porteurs de $B$.

---

(1) L'une des modalités peut être la présence d'un organe et l'autre l'absence du même organe.

(2) Je signale, en particulier, les résultats obtenus récemment par un élevage de *Platynothrus peltifer* (*Comptes rendus*, 227, 1948, p. 658 et 879).

Le sens commun ne permettrait pas, lorsque l'une des modalités est rare et l'autre commune, de qualifier d'écart la seconde. Nous sommes obligés, par conséquent, de dire en général qu'un écart est l'existence de l'une des modalités alors que l'autre est la plus fréquente. La probabilité $p'$ de l'écart est égale à $(1-p)$ si $B$ est plus rare que $A$ et à $p$ dans le cas contraire. La valeur de $p'$ ne peut donc dépasser 0,5. Selon la nature des écarts, selon les espèces qui les présentent, etc., on trouve en effet pour $p'$ toutes les valeurs possibles, depuis les plus faibles jusqu'à 0,5. Il y a vraisemblablement des écarts qui sont aussi rares que des mutations, mais d'autres sont communs et certains sont si communs que l'on a une chance sur deux de les voir chez un individu quelconque.

Si la variation $AB$ s'est faite par mutation, appelons $B$ la modalité nouvelle. La probabilité $\varepsilon$ qu'a $B$ d'apparaître est comparable à la probabilité $p'$ d'un écart, sauf que $\varepsilon$ est toujours très petit; mais les générations issues des porteurs de $B$ se distinguent profondément de celles issues des porteurs de $A$. Étant héréditaire la mutation a une *séquence*, tandis que l'écart n'en avait pas. Il faut distinguer cette séquence, naturellement, d'avec la mutation elle-même. Pendant que la séquence se déroule la mutation n'existe plus. Si cette dernière se reproduit de nouvelles séquences en résultent.

Le sujet qui nous occupe n'est pas d'étudier les séquences. Il est donc légitime de réduire celles-ci à leur cas le plus simple, celui de la reproduction parthénogénétique (lorsque celle-ci est thélytoque indéfinie), car tous les conflits et partages entre gènes sont alors supprimés et l'hérédité se manifeste somatiquement sur tous les individus.

Ceci posé je corrige une opinion que j'ai exprimée autrefois à plusieurs reprises. J'ai admis que l'on passerait des écarts aux mutations si l'on donnait à $p$, soit brusquement, soit par un changement continu, les valeurs 1 ou 0. Il aurait fallu simplement dire que les écarts étaient des étapes phylogénétiques entre la constance de l'une des modalités et la constance de l'autre et ne pas croire, comme j'ai eu le tort de le faire implicitement, que la certitude d'existence, pour une des modalités, exigeait qu'elle provînt de l'autre par mutation.

Il est au contraire impossible, par des changements hypothétiques dans les valeurs de $p$, $(1-p)$ ou $p'$, de passer des écarts aux mutations.

Au point de vue génétique, un écart peut ressembler à une mutation si $p'$ est très petit, mais cela n'a lieu que dans une génération. Dès la suivante la différence est énorme entre écarts et mutations puisque, chez les descendants d'individus porteurs de l'éventualité la plus rare, la fréquence de cette éventualité garde la très petite valeur $p'$ dans le premier cas, tandis qu'elle prend tout de suite la valeur 1 dans le second. Cette différence est d'autant plus grande que $p'$ est plus petit. On ne peut supposer que $p'$ soit nul sans supprimer l'écart.

L'observation de la symétrie, quand celle-ci est bilatérale, fait voir sous le

même jour la différence dont nous parlons. Les écarts sont asymétriques, c'est-à-dire indifférents à la symétrie. Si $p'$ est le même à droite et à gauche et si l'indifférence à la symétrie est totale, la probabilité de symétrie est $[p'^2+(1-p')^2]$ et celle de dissymétrie est $2p'(1-p')$. Il est bien vrai qu'en faisant tendre $p'$ vers zéro on augmente la proportion d'individus symétriques, mais cela ne fait pas ressembler l'écart à une mutation, car ces individus symétriques, en presque totalité, sont des porteurs de l'éventualité la plus commune. Appelons $A$ cette éventualité. Pour l'autre, $B$, la probabilité de symétrie est seulement $p'^2$, celle de dissymétrie restant égale, naturellement, à $2p'(1-p')$, et cette dernière quantité est bien plus grande que $p'^2$ si $p'$ est très petit. Toutes les fois, ou presque, que l'on verra $B$, il n'existera qu'à droite ou qu'à gauche. Ce qui caractérise une mutation, au contraire, c'est que $B$ est d'emblée symétrique, dès qu'il apparaît, quoique très rare. Si l'on suppose que $p'$ atteigne la valeur 0 la dissymétrie est supprimée, mais l'écart également.

De ce qui précède faut-il conclure que les écarts et les mutations sont des phénomènes étrangers l'un à l'autre? Certainement non, puisque des cas de parallélisme entre les mutations et les somations ont été signalés fréquemment. Que ces cas se rapportent ou non à ce que j'appelle des écarts, ils nous obligent à supposer que les deux phénomènes peuvent avoir en commun la discontinuité elle-même.

Si l'on adopte cette hypothèse, il est naturel d'imaginer l'explication suivante : $a$ et $b$ étant les gènes facteurs de $A$ et de $B$, le changement de $a$ en $b$ serait susceptible d'avoir lieu, non seulement dans une cellule de la lignée germinale, mais aussi dans certaines cellules du soma d'un individu quelconque, à telle époque de l'ontogenèse ou pendant toute l'ontogenèse. Lorsque le changement est somatique, il provoque la formation de $B$ sur certains individus, tandis que d'autres individus gardent $A$. Cela se répète aux générations suivantes, puisque le germen n'est pas touché directement. Nous avons des écarts. Le même changement, lorsqu'il se fait dans une cellule de la lignée germinale, ne permet plus à $A$ de subsister aux générations suivantes, et nous avons une mutation.

Cette explication a aussi le mérite de faire comprendre pourquoi les mutations sont symétriques et les écarts asymétriques. Le changement de $a$ en $b$, dans une cellule germinale, affectera aussi bien la droite que la gauche d'un individu qui en subira les effets. Le même changement dans une cellule du soma, au cours de l'ontogenèse, à moins peut-être qu'il ne soit extrêmement précoce, n'a au contraire aucun motif d'agir sur la cellule symétrique chez le même individu. Bien entendu, il est capable d'avoir lieu dans cette autre cellule, mais d'une manière indépendante, avec la même probabilité. En gros, nous pouvons dire : l'hérédité est liée à la symétrie, et l'absence d'hérédité permet la dissymétrie.

Ce n'est pas une explication nouvelle. On en a donné de semblables pour

les mosaïques, et le changement de *a* en *b*, s'il se fait dans une cellule du soma, est généralement appelé une *mutation somatique*. Je n'emploie pas cette expression parce qu'elle me semble mauvaise. Le mot *mutation* y est seulement synonyme de changement discontinu. Il n'implique pas l'hérédité, puisque les mutations somatiques ne sont pas héréditaires. Ne vaudrait-il pas mieux lui garder toujours son sens habituel, consacré par l'usage, qui est d'être un changement héréditaire ?

En élevant jusqu'à 1 la probabilité de se transmettre on passe de l'aléatoire au constant; on ne passe pas d'un écart à une mutation. Mais remarquons que l'on provoque nécessairement dans le germen un changement considérable qui est peut-être le même que s'il y avait eu mutation. A tel niveau de l'ontogenèse la valeur de $(1-p)$ croît par exemple, au cours du temps phylogénétique, jusqu'à être égale à 1. $B$ devient de plus en plus commun, puis l'emporte sur $A$ par sa fréquence, et finalement devient constant, $A$ ayant disparu. Lorsque $B$ est constant, il faut bien qu'il soit inscrit dans le patrimoine héréditaire, dans les gamètes, et comme il ne l'était pas autrefois, nous devons admettre qu'il s'est inscrit.

Deux voies paraissent donc exister, entièrement distinctes, pour qu'une modalité nouvelle, $B$, s'inscrive dans le patrimoine héréditaire; une progressive, révélée extérieurement par des écarts, et une brusquée, révélée extérieurement par des mutations. Dans la première, c'est la race tout entière, ou l'espèce, qui est touchée, d'une manière d'abord incomplète, très inégale selon les individus, puis complète, par le changement. Il faut supposer que $p$, c'est-à-dire $(1-p)$, ou $p'$, varie. Dans la deuxième, un individu seulement, de loin en loin, est touché, mais il l'est d'une manière totale et il court sa chance, par sa progéniture, de faire triompher $B$ sur $A$. Cette chance est petite. Toutefois elle se renouvelle. Il n'est pas nécessaire de supposer que $\varepsilon$ varie. Il suffit d'admettre que la mutation inverse a une probabilité inférieure à $\varepsilon$ et que porter $B$ au lieu de $A$ n'a pas pour conséquence une diminution de la fécondité ou une augmentation de la mortalité moyenne. A ces conditions, les deux voies peuvent conduire au même résultat.

IMMUNOLOGIE. — *Sur quelques nouvelles substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité*. Note (*) de MM. **Gaston Ramon**, **Rémy Richou** et **Jean-Pierre Thiéry**.

Depuis la mise en évidence du principe des substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité ([1]), le nombre de ces substances capables d'augmenter

(*) Séance du 23 mai 1949.

([1]) G. Ramon, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 157; *Bull. Soc. Cent. Méd. Vét.*, **101**, 1925, p. 227 et 348.

l'immunité due à un antigène spécifique tel que l'anatoxine diphtérique ou tétanique, s'est sans cesse accru ([2]).

Poursuivant en ce domaine nos recherches pour ainsi dire ininterrompues au cours de ces vingt-cinq dernières années, nous avons effectué ces temps-ci plusieurs séries d'expériences. Nous relaterons ici, à titre d'exemple, l'une d'entre elles, les autres seront exposées, en détail, ailleurs.

*Technique.* — 25 lapins, répartis en 5 séries de chacune 5 lapins, reçoivent à 14 jours d'intervalle, 2 injections sous-cutanées de 1/20 de centimètre cube pour la première et de 1/10 de centimètre cube pour la deuxième, d'une anatoxine tétanique purifiée, au moyen de l'acide trichloracétique, titrant 1200 unités antigènes au centimètre cube, seule ou additionnée de diverses substances selon le protocole suivant :

*Première série. — Anatoxine tétanique seule :*

Première injection : 1/20 de centimètre cube d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ d'eau physiologique.

Deuxième injection : 1/10 de centimètre cube d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ d'eau physiologique.

*Deuxième série. — Anatoxine tétanique + pectine* (extraite de l'amidon) :

Première injection : 1/20 de centimètre cube d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ de pectine.

Deuxième injection : 1/10 de centimètre cube d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ de pectine.

*Troisième série. — Anatoxine tétanique + glycérine tamponnée :*

Première injection : 1/20 de centimètre cube d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ de glycérine-tampon.

Deuxième injection : 1/10 de centimètre cube d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ de glycérine-tampon.

La glycérine est additionnée d'une solution tampon de phosphate dans la proportion de $70^{cm^3}$ de glycérine pour $30^{cm^3}$ de solution tampon.

*Quatrième série. — Anatoxine tétanique + suspension de B. abortus :*

Première injection : 1/20 de centimètre cube, d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ de suspension de *B. abortus* en eau physiologique.

Deuxième injection : 1/10 de centimètre cube, d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ de suspension de *B. abortus* en eau physiologique.

La suspension de *B. abortus* employée ici est préparée à partir d'une culture de 24 heures de *B. abortus* sur gélose ($3^{cm^3}$ d'*eau physiologique* par tube de gélose), additionnée de 0,75 ‰ de formol et laissée à l'étuve à 37° pendant plusieurs jours.

*Cinquième série. — Anatoxine tétanique + suspension de* B. abortus *en glycérine-tamponnée.*

La suspension de *B. abortus* pour la série précédente est centrifugée et le culot additionné de glycérine tamponnée de telle sorte que $1^{cm^3},5$ de glycérine tamponnée renferme la même quantité de germes que $1^{cm^3},5$ de la suspension en eau physiologique.

Première injection : 1/20 centimètre cube, d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ de suspension de *B. abortus* en glycérine tamponnée.

Deuxième injection : 1/10 de centimètre cube, d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ de suspension de *B. abortus* en glycérine-tamponnée.

Les réactions sont en général à peine visibles ou peu marquées, sauf chez les lapins de la quatrième et de la cinquième série qui présentent aux points d'in-

---

([2]) Pour notre part, nous en avons fait connaître à diverses reprises (*voir* G. Ramon et ses associés, *Revue d'Immunologie*, 3, 1937, p. 285, 504, etc. *Voir* aussi R. Richou, *La Presse Médicale*, 56, 1948, p. 520).

jection du mélange d'anatoxine et de la suspension de *B. abortus*, des nodules de grosseur variable, qui vont du volume d'un pois à celui d'une cerise, et qui se résorbent lentement.

Deux prises de sang sont effectuées chez tous les lapins, 14 jours après la première injection et 13 jours après la deuxième. Après chaque saignée, les sérums de chacune des séries de lapins sont réunis et le dosage de l'antitoxine spécifique est pratiqué à partir de chaque mélange, selon la technique courante.

Les résultats de ces dosages sont consignés dans le tableau ci-dessous :

| Antigène injecté. | Antitoxine tétanique (en unités internationales). Après la 1re injection. | Après la 2e injection. |
|---|---|---|
| I. Anatoxine tétanique seule | 1/300 | 1/2 |
| II. » » + pectine | 1/10 | 10 |
| III. » » + glycérine tamponnée | 1/3 | 7 |
| IV. » » + suspension de *B. abortus* (formolée) en eau physiologique | 3 | 20 |
| V. Anatoxine tétanique + suspension de *B. abortus* (formolée) en glycérine tamponnée | 3 | 25 |

De ces résultats, il ressort que par rapport à l'anatoxine seule, les mélanges d'anatoxine tétanique et de substances adjuvantes provoquent une augmentation plus ou moins importante, parfois considérable, de l'immunité antitétanique appréciée par la teneur en antitoxine spécifique du sérum des lapins traités de cette façon. C'est ainsi qu'après la première injection, le taux de l'antitoxine tétanique est, pour le mélange d'anatoxine et de pectine, 30 fois plus élevé que pour l'anatoxine seule, 100 fois plus élevé pour le mélange d'anatoxine et de glycérine [3], 900 fois plus fort pour les mélanges d'anatoxine et de suspension formolée de *B. abortus* [4]. A la suite de la deuxième injection, il y a une certaine tendance au nivellement des taux d'antitoxine, toutefois ceux correspondant aux mélanges d'anatoxine et de substances adjuvantes restent très nettement supérieurs à celui résultant de l'injection d'anatoxine seule.

Ces constatations expérimentales peuvent être mises directement à profit dans la pratique, notamment selon la formule des *vaccinations associées*, pour l'immunisation des animaux contre le tétanos et l'avortement épizootique [5].

---

(3) Récemment H. S. Viana Conte et ses associés (*Rep. de Trab. do Labo. Cent. de Pato. Vet.*, 6, 1947, p. 59) ont observé que la glycérine et le tapioca, ajoutés à l'anatoxine tétanique, ont une valeur stimulante identique.

(4) Sans attacher une valeur exagérée à pareille constatation, nous signalerons que le taux des agglutinines, chez les animaux qui ont reçu en mélange avec l'anatoxine, des suspensions formolées de *B. abortus*, est relativement élevé.

(5) Nos constatations confirment largement, sur le plan expérimental et doctrinal, celles enregistrées jadis. (*Voir* en particulier G. Ramon et M. Djourichitch, *Ann. Inst. Pasteur*, 51, 1933, p. 407.)

De plus, étant donné l'analogie qui existe entre les anavirus et les anatoxines, nos constatations pourront sans doute conduire à la réalisation de « vaccins combinés » dirigés à la fois contre des maladies à ultra-virus telles que la fièvre aphteuse et contre d'autres infections animales, par exemple celles dues au *B. abortus*.

Nous poursuivons nos recherches dans ces différentes voies.

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un Ouvrage *Éléments de la Théorie des Ensembles*, que je viens de publier dans la *Bibliothèque d'Éducation par la Science*, à laquelle j'ai déjà donné plusieurs volumes.

Créée seulement à la fin du XIX^e siècle, la Théorie des Ensembles s'est rapidement développée dans de nombreuses directions. Ses éléments font désormais partie de la culture générale, au même titre que les éléments de l'Algèbre, de la Géométrie, du Calcul différentiel. C'est par l'étude approfondie d'êtres mathématiques simples et bien définis que l'on arrive le plus sûrement, dans chacune de ces branches de la Science, à comprendre les théories générales.

J'ai exposé, à la fin de l'Ouvrage, à propos de la classification des ensembles de mesure nulle au moyen de la raréfaction, des résultats nouveaux que j'avais communiqués en 1948 à l'Académie.

## ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Académicien libre en remplacement de M. *Gustave Roussy*, décédé.

Le nombre des votants étant 70, le scrutin donne les résultats suivants :

| | Nombre de suffrages | | |
|---|---|---|---|
| | 1er tour. | 2e tour. | 3e tour. |
| M. Paul Lévy | 25 | 29 | 34 |
| M. Antoine Lacassagne | 18 | 28 | 30 |
| M. Jean-Jacques Trillat | 14 | 9 | 4 |
| M. Georges Deflandre | 11 | 4 | 2 |
| M. Pierre Girard | 1 | | |
| M. Raymond Jouaust | 1 | | |

Aucun candidat n'ayant obtenu la majorité absolue, il est procédé, conformément au règlement, entre les deux candidats qui n'en ont point deux autres supérieurs en suffrages, MM. Paul Lévy et Antoine Lacassagne, aux deux scru-

tins de ballotage, qui donnent les résultats suivants, le nombre des votants étant successivement de 70 puis de 68 :

| | Nombre de suffrages | |
|---|---|---|
| | 1er tour. | 2e tour. |
| M. Paul Lévy ............... | 35 | 33 |
| M. Antoine Lacassagne ....... | 34 | 31 |
| Bulletins blancs.............. | 1 | 4 |

La majorité absolue n'étant pas atteinte, le règlement exige le renvoi de l'élection; celle-ci est renvoyée à six mois.

## CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée du **XXIIe Congrès international de Chimie industrielle**, qui se tiendra à Barcelone, du 23 au 30 octobre 1949.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Kitty Ponse. *La différenciation du sexe et l'intersexualité chez les vertébrés. Facteurs héréditaires et hormones.*

2° *Von der Bauakademie zur technischen Universität.* 150 *Jahre technisches Unterrichtswesen in Berlin.* Dargestellt von Prof. Dr Josef Becker.

3° *Seventh pacific science Congress. First Report,* in *New Zealand Science Review.*

4° Museo argentino de ciencias naturales « Bernardino Rivadavia » : *Comunicaciones,* Serie ciencias zoologicas, n° 1. — Serie ciencias geologicas, n° 1. — *Miscelanea,* n° 1. — *Revista,* n° 1. — *Publicaciones de extension cultural y didactica,* n° 1.

5° Instituto nacional de investigacion de las ciencias naturales del Museo argentino de ciencias naturales « Bernardino Rivadavia » : *Biblioteca Argentina de Ciencias Naturales,* n° 1.

THÉORIE DES RELATIONS. — *Sur une classification des systèmes de relations faisant intervenir les ordinaux transfinis.* Note (*) de M. **Roland Fraïssé**, présentée par M. Gaston Julia.

I. Nous entendons ici par *relation à n arguments définie sur un ensemble* E appelé *base,* une application du produit de $n$ ensembles identiques à E dans

(*) Séance du 16 mai 1949.

un ensemble de deux éléments (¹). Soit une suite d'entiers $S = n_1, n_2, \ldots, n_k$; $l(n_i > 0, l \geq 0)$. Considérons une suite de $k$ relations $A_i$ à $n_i$ arguments définies sur E, et une suite de $l$ éléments $a_j$ de E. Le système constitué par ces deux suites sera appelé *polyrelation* $\mathcal{A}$ *définie sur la base* E; la suite S sera dite *signature* de $\mathcal{A}$. On écrira $\mathcal{A} = [A_1, \ldots, A_k; a_1, \ldots, a_l]$. S peut se réduire à $l$; si de plus $l = 0$ nous admettrons que $\mathcal{A}$ se réduit à la base E. Nous dirons que deux polyrelations $\mathcal{A}$, $\mathcal{A}'$ définies sur les bases E, E′ sont de même type (²) si elles ont même signature et s'il existe une correspondance biunivoque entre E et E′ qui transforme $A_i$ en $A'_i$ et $a_j$ en $a'_j$ quels que soient $i$ et $j$. Si l'on restreint chaque relation $A_i$ à une partie F de E contenant tous les $a_j$, la polyrelation $\mathcal{B}$ obtenue sera dite une *restriction* de $\mathcal{A}$; $\mathcal{A}$ sera dite un *prolongement* de $\mathcal{B}$. Nous dirons que $\mathcal{A}'$ est *inférieure* (²) à $\mathcal{A}$ si $\mathcal{A}'$ est de même type qu'une restriction de $\mathcal{A}$. En ce cas nous dirons aussi que $\mathcal{A}$ est *supérieure* à $\mathcal{A}'$. L'inégalité ainsi définie constitue un pré-ordre (³) dans l'ensemble des polyrelations de même signature. Étant données deux polyrelations de même base

$$\mathcal{A} = [A_1, \ldots, A_k; a_1, \ldots, a_l] \quad \text{et} \quad \mathcal{B} = [B_1, \ldots, B_m; b_1, \ldots, b_n],$$

nous désignerons par $(\mathcal{A}, \mathcal{B})$ la polyrelation

$$[A_1, \ldots, A_k, B_1, \ldots, B_m; a_1, \ldots, a_l, b_1, \ldots, b_n].$$

II. Considérons deux polyrelations $\mathcal{A}$ et $\mathcal{A}'$ de même signature et de bases respectives E, E′. Elles seront dites 0-*parentes* s'il existe une polyrelation supérieure à elles deux. Si $\alpha$ *est un ordinal de première espèce*, $\mathcal{A}$ et $\mathcal{A}'$ seront dites $\alpha$-*parentes* si, à toute polyrelation $\mathcal{B}$ de base E correspond une polyrelation $\mathcal{B}'$ de base E′ telle que $(\mathcal{A}, \mathcal{B})$ soit $(\alpha - 1)$-parente de $(\mathcal{A}', \mathcal{B}')$ et s'il en est de même en échangeant les rôles de $\mathcal{A}$, E et de $\mathcal{A}'$, E′. Si $\alpha$ *est un ordinal de deuxième espèce*, $\mathcal{A}$ et $\mathcal{A}'$ seront dites $\alpha$-parentes si elles sont $\beta$-parentes pour tout ordinal $\beta < \alpha$. On remarque que si deux polyrelations sont $\alpha$-parentes, elles sont encore $\beta$-parentes pour tout $\beta < \alpha$, et que l'$\alpha$-parenté est une *équivalence* définie sur tout ensemble de types de polyrelations de même signature.

III. On démontre les propositions suivantes :

1. Pour que deux polyrelations $\mathcal{A} = [A_1, \ldots, A_k; a_1, \ldots, a_l]$ et $\mathcal{A}' = [A'_1, \ldots, A'_k; a'_1, \ldots, a'_l]$ soient 0-parentes, il faut et suffit qu'elles aient même signature et que, de plus, dans le cas où $l \neq 0$, les restrictions de $\mathcal{A}$ à $\{a_j\}$ et de $\mathcal{A}'$ à $\{a'_j\}$ soient de même type.

2. Pour que deux polyrelations soient 1-parentes, il faut et suffit qu'à toute restriction de *base finie* de chacune d'elles corresponde une restriction, de même type, de l'autre.

---

(¹) Cette définition est un peu différente de celle que nous avons adoptée dans une Note précédente (*cf.* R. Fraïssé, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 987).

(²) Nous avons déjà introduit des définitions analogues dans le cas d'une seule relation à deux arguments (cf. *loc. cit.*, 1).

(³) *Cf.* Nachbin, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 774.

3. Pour que les deux polyrelations soient $\alpha$-parentes *pour tout ordinal* $\alpha$, il faut et suffit qu'elles soient de même type.

4. Quel que soit $\alpha$, il existe des $\alpha$-parentes non $(\alpha + 1)$-parentes.

5. Une polyrelation $\mathcal{A}$ étant donnée, il lui correspond un ordinal $\alpha$ ne dépendant que du type de $\mathcal{A}$, tel que toute $\alpha$-parente soit de même type.

6. Pour que deux polyrelations *de bases dénombrables* soient de même type, il faut et suffit qu'elles soient 3-parentes.

7. Deux polyrelations *de bases dénombrables* et 2-parentes sont inférieures (donc aussi supérieures) l'une à l'autre, mais pas forcément de même type.

8. Deux polyrelations *réduites à leurs bases* E, E′ supposées non finies, sont 2-parentes, mais ne sont pas en général 3-parentes.

9. Deux polyrelations *réduites à leurs bases* E, E′ et telles que les puissances respectives de E et E′ soient deux cardinaux successifs $\aleph_\alpha$ et $\aleph_{\alpha+1}$, ne sont jamais 5-parentes.

IV. Reprenons la définition récurrente de l'$\alpha$-parenté, en remplaçant la polyrelation quelconque $\mathcal{B}$ qui y figure par une polyrelation *réduite à une suite d'éléments de sa base* (c'est-à-dire dont la signature se réduit à son dernier terme). La définition ainsi modifiée sera celle de l'*$\alpha$-subparenté*. La 0-subparenté se confond évidemment avec la 0-parenté. Les deux remarques qui suivent la définition de l'$\alpha$-parenté s'appliquent encore. On démontre de plus les propositions suivantes :

1. Pour que deux polyrelations soient 1-parentes, il faut et il suffit qu'elles soient 1-subparentes.

2. Quel que soit l'ordinal $\alpha$, il existe des polyrelations $\alpha$-subparentes qui ne sont pas $(\alpha + 1)$-subparentes.

3. Pour tout ordinal $\alpha > 1$, deux polyrelations $\alpha$-parentes sont $\alpha$-subparentes, mais il existe des $\alpha$-subparentes qui ne sont pas $\alpha$-parentes.

4. Si deux polyrelations sont $\alpha$-subparentes pour tout ordinal $\alpha$, elles sont 2-parentes mais non forcément 3-parentes. *A fortiori*, elles ne sont pas forcément de même type.

5. Deux polyrelations de *bases dénombrables* et $\Omega$-subparentes sont de même type.

6. Par contre, il existe pour tout ordinal $\alpha < \Omega$, des polyrelations de bases dénombrables, $\alpha$-subparentes et non 2-parentes, donc de types différents.

V. *Hypothèses.* — Les propositions suivantes nous paraissent vraisemblables :

1. A toute polyrelation $\mathcal{A}$ correspond un ordinal $\alpha$ tel que toute $\alpha$-subparente de $\mathcal{A}$ soit $\beta$-subparente de $\mathcal{A}$ quel que soit $\beta$.

2. A toute polyrelation *de base dénombrable* $\mathcal{A}$ correspond un ordinal $\alpha < \Omega$ tel que toute $\alpha$-subparente de $\mathcal{A}$ soit de même type que $\mathcal{A}$.

3. Pour tout ordinal $\alpha$, il existe des polyrelations $\alpha$-subparentes qui ne sont pas 2-parentes.

ALGÈBRES NON ASSOCIATIVES. — *L'inversibilité dans les algèbres linéaires non associatives.* Note de M. **Raymond Raffin**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous nous proposons de définir et d'étudier certaines algèbres linéaires non associatives d'ordre fini.

1. Remarques et définitions. — Une algèbre linéaire d'ordre fini sur un corps commutatif F est un espace vectoriel $\mathfrak{L}$, de dimension finie, sur F, muni d'une loi multiplicative exprimée par $c = a.b$ et satisfaisant à la condition de distributivité bilatère par rapport à l'addition. Dans la suite $\mathfrak{A}$ désigne une algèbre linéaire, d'ordre fini, avec élément unité $e$ (il existe $e \in \mathfrak{A}$ tel que pour tout $a \in \mathfrak{A} : e.a = a.e = a$).

S'il existe un élément $a_g \in \mathfrak{A}$ (inverse à gauche) tel que $a_g.a = e$, $a$ est dit inversible à gauche : si $\mathfrak{A}$ n'est pas associative, $a$ peut être à la fois inversible à gauche et diviseur de zéro à gauche (existence de $\alpha_d \neq 0$ tel que $a.\alpha_d = 0$). Par ailleurs, l'unicité de $a_g$ n'entraîne pas forcément l'unicité de $a_d$ (défini par $a.a_d = e$), sauf si pour *tout* $a \in \mathfrak{N}$ $a_g$ existe et est unique et dans ce cas on n'a généralement pas $a_g = a_d$.

Parmi les algèbres $\mathfrak{V}$, nous distinguons :

1° *Les algèbres symétriques* (désignées par la lettre $\mathfrak{V}_s$).

Dans lesquelles tout $a \in \mathfrak{A}_s$ admet au moins un inverse bilatère $a^{-1}$, c'est-à-dire un élément $a^{-1}$ tel que $a^{-1}.a = a.a^{-1} = e$.

2° *Les algèbres monosymétriques* (désignées par la lettre $\mathfrak{A}_m$).

Dans lesquelles tout $a \in \mathfrak{A}_m$ admet un *seul* inverse bilatère.

3° *Les algèbres symétriques à division* (désignées par la lettre $\mathfrak{A}_d$).

Dans lesquelles tout élément admet un inverse à gauche et un inverse à droite uniques et égaux. Parmi les algèbres non associatives, ces dernières sont celles qui présentent le plus d'analogies avec les corps gauches. Une algèbre symétrique à division est évidemment monosymétrique.

Dans le cas où l'on ajoute l'axiome d'associativité, ces trois ensembles d'algèbres coïncident entre eux et avec l'ensemble des algèbres à division (associatives). Si l'on ne postule pas l'associativité, il n'en est pas de même et l'on a

$$\{0\} \subset \{\mathfrak{A}_d\} \subset \{\mathfrak{A}_u\} \subset \{\mathfrak{A}_s\} \subset \{\mathfrak{A}\},$$

les inclusions étant strictes.

2. *Algèbres symétriques et algèbres monosymétriques*. — Nous nous plaçons dans un corps réel K.

Théorème 1. — *Les algèbres linéaires avec élément unité $e_0$, et une base $\{e_i\}$ telle que $e_i^2 = -e_0$, $e_i.e_j = -e_j.e_i$ ($i > 0$, $j > 0$, $i \neq j$) sont des algèbres symétriques* (1).

---

(1) On pose $a.a = a^2$.

Car si

$$x = x_0 e_0 + x_1 e_1 + \ldots + x_n e_n \neq x_0 e_0$$

($x_i \in K$ pour $i = 0, 1, \ldots, n$), le polynome

$$m(x) = x^2 - 2 x x_0 + N(x),$$

avec

$$N(x) = x_0^2 + x_1^2 + \ldots + x_n^2$$

est le polynome minimum de $x$.

Nous appellerons algèbre $\mathfrak{P}$ une algèbre dont une base satisfait aux conditions du théorème 1.

Théorème 2. — *Les algèbres $\mathfrak{P}$ d'ordre trois telles que $e_1 e_2 \neq 0$ et les algèbres $\mathfrak{P}$ d'ordre quatre telles que $\{e_i e_j\}$ $(i > 0, j > 0, i \neq j)$ forment une base d'un espace linéaire à trois dimensions, sont des algèbres monosymétriques.*

Car la condition nécessaire et suffisante pour qu'une algèbre symétrique $\mathfrak{U}_s$ soit monosymétrique est

Pour tout $x \neq 0$ de $\mathfrak{U}_s$ les équations $\alpha x = x \alpha = 0$ entraînent $\alpha = 0$.

Or, si $\alpha x = x \alpha = 0$ $(\alpha = \alpha_0 e_0 + \alpha_1 e_1 + \ldots + \alpha_n e_n)$, il en résulte

(1) $$x_0 \alpha_0 - \sum_1^n x_i \alpha_i = 0$$

$$x_0 \alpha_i + \alpha_0 x_i = 0 \qquad (i = 1, \ldots, n).$$

$$\sum_{i<j} (x_i \alpha_j - x_j \alpha_i) e_i e_j = 0$$

Les éléments pour lesquels $x_0 \neq 0$ admettent un inverse bilatère unique. Si $x_0 = 0$, on a $\alpha_0 = 0$; dans les conditions du théorème, il en résulte [2] : soit

$$\overrightarrow{(\alpha_1, \alpha_2)} = k \overrightarrow{(x_1, x_2)},$$

soit

$$\overrightarrow{(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)} = k \overrightarrow{(x_1, x_2, x_3)},$$

ce qui, d'après l'équation (1), entraîne $\alpha = 0$.

(Si l'espace engendré par $\{e_i e_j\}$ était de dimension $< 3$, il existerait des éléments admettant plusieurs inverses bilatères.)

Théorème 3. — *Toute algèbre monosymétrique de degré deux est équivalente (éventuellement dans une extension euclidienne de K) à une algèbre $\mathfrak{P}$ (si $K = R$ corps des nombres réels, l'équivalence a lieu dans R).*

Soit $\mathfrak{H}$ une algèbre satisfaisant aux conditions du théorème :

1° Si le polynome minimum de $x \neq x_0 e_0$ est :

$$m(x) = x^2 - 2 T(x) x + N(x),$$

---

[2] $\overrightarrow{(\alpha_1, \alpha_2)}$, par exemple, désigne le vecteur de coordonnées $\alpha_1$ et $\alpha_2$.

on ne peut avoir $T^2 - N = \beta^2$ avec $\beta \in K$ ; sinon, en posant :

$$z = x - [T(x) + \beta] e_0 \in \mathfrak{H} \qquad \text{on aurait} \quad z(z + 2\beta e_0) = 0$$

et si $t$ était un inverse bilatère de $z$, $t + m(z + 2\beta e_0)$, pour tout $m \in K$, en serait aussi un. (Par suite, si $K = R$ et si $x \neq x_0 e_0$ on a $N - T^2 > 0$.)

Il en résulte :

2° Par une transformation linéaire régulière sur les éléments de base, on peut se ramener à : $e_i^2 = -e_0$ et $e_i . e_j = -e_j . e_i (i > 0, j > 0, i \neq j)$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la série de Fourier et la série conjuguée d'une fonction continue périodique.* Note de M. **Marc Zamansky**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous avons précédemment démontré les résultats suivants :

1° $S_n(x)$ désignant la $n^{\text{ième}}$ somme de Fourier de $f(x)$ continue périodique, si $S'_n(x)/n$ tend vers zéro avec $1/n$, la condition nécessaire et suffisante pour qu'au point $x$ la série conjuguée converge est que

$$\frac{1}{\pi} \int_{\varepsilon}^{\frac{\pi}{2}} [f(x + 2t) - f(x - 2t)] \operatorname{cotg} t \, dt$$

ait une limite pour $\varepsilon = 0$ et la série conjuguée a alors pour somme cette limite [1].

2° Si $0 < \alpha \leq 1$, la condition nécessaire et suffisante pour que $|S_n - f| = O(1/n^\alpha)$ est que $|S''_n| = O(n^{2-\alpha})$ et que si $r$ est $> 0$, l'hypothèse $|S_n - f| = O(1/n^r)$ entraîne $|\tilde{S}_n - \tilde{f}| = O(1/n^r)$ [2].

Pour démontrer le premier résultat nous avons établi l'égalité :

$$\frac{2 S'_n(x)}{2n+1} = O\left[\omega\left(\frac{1}{n}\right)\right] + \tilde{S}_n(x) - \frac{1}{\pi} \int_{\frac{1}{n}}^{\frac{\pi}{2}} [f(x + 2t) - f(x - 2t)] \operatorname{cotg} t \, dt,$$

où $\omega(h)$ est le module de continuité de $f(x)$.

Cette Note a pour objet de préciser ces résultats et d'indiquer les relations existant entre les approximations en un point $x$ de $f$ et $\tilde{f}$ par $S_n$ et $\tilde{S}_n$ respectivement.

1. *Soit $f(x)$ une fonction continue de période $2\pi$, $\rho_n$ une suite de nombres $> 0$ tels que $\lim_{n\infty} \rho_n = 0$. S'il existe une suite de polynomes trigonométriques $P_n(x)$ tels que $|P_n - f| = O(\rho_n)$ et $|P''_n| = O(n^2 \rho_n)$,*

$$S_n(x) - f(x) = O(\rho_n) - \frac{1}{4}\left[S_n\left(x + \frac{2\pi}{2n+1}\right) + S_n\left(x - \frac{2\pi}{2n+1}\right) - 2 S_n(x)\right].$$

---

(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1011.

(2) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 460.

*En d'autres termes les sommes trigonométriques*

$$\frac{1}{4}\left[S_n\left(x+\frac{2\pi}{2n+1}\right)+S_n\left(x-\frac{2\pi}{2n+1}\right)+2S_n(x)\right]$$

*convergent uniformément vers* $f(x)$ *et fournissent une approximation de l'ordre de* $\rho_n$.

Elles correspondent au procédé d'approximation défini par les constantes

$$\gamma_n^k=\cos^2\frac{k\pi}{2n+1}\quad(^3).$$

On trouve les résultats antérieurs en prenant, ce qui est possible,

$$\rho_n=O\left(\frac{1}{n^\alpha}\right)\quad\text{ou}\quad\rho_n=E_n(f)=O\left(\frac{1}{n^k}\right)\quad(0<k<2).$$

On en conclut que *la condition nécessaire et suffisante pour que* $|S_n-f|=O(\rho_n)$ *est que* $|S''_n|=O(n^2\rho_n)$.

2. *Si l'on pose*

$$\Delta(f,x,h)=f(x-h)-2f(x)+f(x+h),$$

*on a*

$$\Delta\left(S_n^{\cdot},x,\frac{2\pi}{2n+1}\right)=\Delta\left(S_n,x+\frac{\pi}{2n+1},\frac{2\pi}{2n+1}\right)+O\left[\omega\left(\frac{1}{n}\right)\right].$$

3. Posant

$$z_n(x)=\frac{1}{\pi}\int_{\frac{2\pi}{2n+1}}^{\frac{\pi}{2}}[f(x+2t)-f(x-2t)]\frac{\cos(2n+1)t}{\sin t}\,dt$$

et appliquant une méthode déjà utilisée nous démontrons que :

$$z_n(x)=-\frac{1}{4}\left[z_n\left(x+\frac{2\pi}{2n+1}\right)+z_n\left(x-\frac{2\pi}{2n+1}\right)-2z_n(x)\right]$$
$$+O\left[\omega\left(\frac{1}{n}\right)\right]=\frac{1}{4}\left[S_n^{\cdot}\left(x+\frac{2\pi}{2n+1}\right)+S_n^{\cdot}\left(x-\frac{2\pi}{2n+1}\right)-2S_n^{\cdot}(x).\right.$$

Nous en déduisons les égalités suivantes :

$$S_n^{\cdot}(x)-\frac{1}{\pi}\int_{\frac{1}{n}}^{\frac{\pi}{2}}[f(x+2t)-f(x-2t)]\cot g\,t\,dt$$
$$=O\left[\omega\left(\frac{1}{n}\right)\right]\quad\frac{1}{4}\left[S_n^{\cdot}\left(x+\frac{2\pi}{2n+1}\right)+S_n^{\cdot}\left(x-\frac{2\pi}{2n+1}\right)-2S_n^{\cdot}(x)\right]$$
$$=O\left[\omega\left(\frac{1}{n}\right)\right]+S_n\left(x+\frac{\pi}{2n+1}\right)-f(x)$$

---

(3) J. Favard, *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, LXI, 1937.

et

$$\sigma_n^{\cdot} - \frac{1}{\pi}\int_{\frac{1}{n}}^{\frac{\pi}{2}} [f(x+2t) - f(x-2t)] \operatorname{cotg} t\, dt = O\left[\omega\left(\frac{1}{n}\right)\right] - \frac{S'_{n-1}(x)}{n(2n+1)}.$$

Donc *la condition* $\lim_{n\infty}[S'_n(x)/n] = 0$ *est nécessaire et suffisante pour que* $S_n[x+\pi/(2n+1)]$ *ait pour limite* $f(x)$ *alors que la condition* $\lim_{n\infty}[S''_n(x)/n] = 0$ *est nécessaire et suffisante pour que* $S_n(x)$ *ait pour limite* $f(x)$.

*La condition nécessaire et suffisante pour qu'au point* $x$, $\sigma_n^{\cdot}(x)$ *ait une limite est que*

$$\frac{1}{\pi}\int_{\varepsilon}^{\frac{\pi}{2}} [f(x+2t) - f(x-2t)] \operatorname{cotg} t\, dt$$

*en ait une et*

$$\lim_{n\infty} \sigma_n^{\cdot}(x) = \lim_{\varepsilon=0} \frac{1}{\pi}\int_{\varepsilon}^{\frac{\pi}{2}} [f(x+2t) - f(x-2t)] \operatorname{cotg} t\, dt.$$

On en déduit des théorèmes de localisation. Ainsi :

*Pour que* $S_n(x)$ *converge uniformément vers* $f(x)$ *pour* $\alpha \leqq x \leqq \beta$, *il faut et il suffit que pour* $\alpha - \varepsilon \leqq x \leqq \beta + \varepsilon$, $[S'_n(x)/n]$ *tende uniformément vers zéro pour n* $\infty$.

GÉOMÉTRIE. — *Cubiques gauches et points remarquables associés au tétraèdre.* Note (*) de MM. **Robert Bouvaist** et **Victor Thébault**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Dans un tétraèdre $T \equiv ABCD$, nous désignons par $a$, $a'$, $b$, $b'$, $c$, $c'$ les dièdres suivant les arêtes BC, DA, CA, DB, AB, BC, et par A, B, C, D les aires des faces BCD, CDA, DAB, ABC.

D'un point arbitraire P de coordonnées normales $(x, y, z, t)$, on mène les perpendiculaires $PA_1$, $PB_1$, $PC_1$, $PD_1$ sur les plans des faces A, B, C, D qui rencontrent respectivement

B, C, D en $B_2$, $C_2$, $D_2$ ; C, D, A en $C_3$, $D_3$, $A_3$ ;
D, A, B en $D_4$, $A_4$, $B_4$ ; A, B, C en $A_5$, $B_5$, $C_5$.

Les volumes des tétraèdres

$$T_2 \equiv A_5B_2C_3D_4, \qquad T_3 \equiv A_4B_5C_2D_3, \qquad T_4 \equiv A_3B_4C_5D_2.$$

(*) Séance du 23 mai 1949.

sont proportionnels aux quantités

$$(1)\quad \begin{cases} X = \dfrac{yzt\mathrm{D}\cos a + xzt\mathrm{A}\cos c' + xyt\mathrm{B}\cos a' + xyz\mathrm{C}\cos c}{\cos a\cos a'\cos c\cos c'}, \\ Y = \dfrac{yzt\mathrm{C}\cos b' + xzt\mathrm{D}\cos b + xyt\mathrm{A}\cos b' + xyz\mathrm{B}\cos b}{\cos^2 b\cos^2 b'}, \\ Z = \dfrac{yzt\mathrm{B}\cos c' + xzt\mathrm{C}\cos a' + xyt\mathrm{D}\cos c + xyz\mathrm{A}\cos a}{\cos a\cos a'\cos c\cos c'}. \end{cases}$$

Le lieu des points P tels que les tétraèdres $T_2$, $T_3$, $T_4$ aient des volumes équivalents est la cubique gauche $(\Gamma_1)$

$$X = Y = Z,$$

inverse tétraédrique normale de la droite

$$\frac{x\mathrm{D}\cos a + y\mathrm{A}\cos c' + z\mathrm{B}\cos a' + t\mathrm{C}\cos c}{\cos a\cos a'\cos c\cos c'} = \frac{x\mathrm{C}\cos b' + y\mathrm{D}\cos b + z\mathrm{A}\cos b' + t\mathrm{B}\cos b}{\cos^2 b\cos^2 b'} = \frac{x\mathrm{B}\cos c' + y\mathrm{C}\cos a' + z\mathrm{D}\cos c + t\mathrm{A}\cos a}{\cos a\cos a'\cos c\cos c'},$$

et circonscrite à T.

Lorsque le point $P \equiv P_1$ se confond avec l'inverse tétraédrique du point

$$P' \equiv \begin{cases} x\mathrm{D}\cos a' + y\mathrm{A}\cos c' + z\mathrm{B}\cos a' + t\mathrm{C}\cos c = 0, \\ x\mathrm{C}\cos b' + y\mathrm{D}\cos b + z\mathrm{A}\cos b' + t\mathrm{B}\cos b = 0, \\ x\mathrm{B}\cos c' + y\mathrm{C}\cos a' + z\mathrm{D}\cos c + t\mathrm{A}\cos a = 0, \end{cases}$$

*il appartient à la surface cubique de Cayley* [1] *de* T *et les sommets des tétraèdres* $T_1 \equiv A_1B_1C_1D_1$, $T_2$, $T_3$, $T_4$ *sont situés respectivement dans quatre plans.*

Les relations (1) entraînent les suivantes :

$$\cos a\cos a'\cos c\cos c'.V_2 + \cos^2 b\cos^2 b'.V_3 + \cos a\cos a'\cos c\cos c'.V_4 = V_1,$$

entre les volumes $V_1$, $V_2$, $V_3$, $V_4$ des tétraèdres $T_1$, $T_2$, $T_3$, $T_4$. Si T est orthocentrique, *la cubique* $(\Gamma_1)$ *passe par le centre de gravité* et l'on obtient

$$V_2 + V_3 + V_4 = \frac{V_1}{\cos^2 a\cos^2 a'} = \frac{V_1}{\cos^2 b\cos^2 b'} = \frac{V_1}{\cos^2 c\cos^2 c'}.$$

2. Tous ces résultats s'appliquent aussi aux tétraèdres

$$T_5 \equiv A_5B_4D_3C_2, \qquad T_6 \equiv C_5D_4A_3B_2, \qquad T_7 \equiv B_5A_4C_3D_2$$

et

$$T_8 \equiv C_5A_4D_3B_2, \qquad T_9 \equiv A_5B_4C_3D_2, \qquad T_{10} \equiv B_5D_4A_3C_2.$$

A chacun de ces deux groupes correspond une cubique gauche $(\Gamma_2)$ et $(\Gamma_3)$ circonscrite à T et un point $P \equiv P_2$ et $P \equiv P_3$ tel que les sommets des

---

[1] Cf. *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 950.

tétraèdres $T_1$, $T_5$, $T_6$, $T_7$ sont situés respectivement dans quatre plans, de même que ceux des tétraèdres $T_1$, $T_8$, $T_9$, $T_{10}$. Les points $P_1$, $P_2$, $P_3$ sont comparables au point de Tarry d'un triangle ([2]); ils sont les seuls (les sommets A, B, C, D de T exceptés) à posséder la propriété qu'ont les sommets des tétraèdres ($T_2$, $T_3$, $T_4$), ($T_5$, $T_6$, $T_7$), ($T_8$, $T_9$, $T_{10}$) d'être coplanaires respectivement, à la fois.

3. Certaines positions particulières du point P conduisent à des propriétés intéressantes. Ainsi, lorsque les coordonnées de P sont proportionnelles à ($\cos a$, $\cos c'$, $\cos a'$, $\cos c$) ou à ($\cos b'$, $\cos b$, $\cos b'$, $\cos b$), ou enfin à ($\cos c'$, $\cos a'$, $\cos c$, $\cos a$), on obtient, par exemple,

$$PA_5 = PB_2 = PC_3 = PD_4 = l_2,$$
$$PA_4 = PB_5 = PC_2 = PD_3 = l_3,$$
$$PA_3 = PB_4 = PC_5 = PD_2 = l_4.$$

Les longueurs $l_2$, $l_3$, $l_4$ et celle du rayon $r$ de la sphère inscrite à T satisfont à la relation

$$\frac{1}{l_2} + \frac{1}{l_3} + \frac{1}{l_4} = \frac{1}{r},$$

qui a aussi son analogue dans le triangle.

*Note.* — D'autres propriétés remarquables de ces configurations seront publiées ailleurs.

ASTROPHYSIQUE. — *Émission de l'oxyde de carbone dans la région du groupe* 4050 Å *des noyaux cométaires*. Note (*) de M^me **Renée Herman**, présentée par M. André Danjon.

Au cours d'études précédentes, on a montré qu'il était possible d'identifier de façon satisfaisante le groupe 4050, observé dans les spectres des noyaux cométaires, à une émission, située dans la même région spectrale, obtenue au laboratoire. Jusqu'ici, on n'a pas réussi à élucider la structure de rotation de cette dernière, aussi, la molécule responsable de l'émission n'est pas connue avec certitude. G. Herzberg et P. Swings ([1]) l'ont identifiée à la molécule $CH_2$. Hunaerts pense plutôt à la molécule ionisée $OH^+$ ([2]) mais cette identification se heurte à des difficultés, malgré de nombreuses coïncidences numériques ([3]).

---

([2]) *Mathesis*, 1886, p. 5.

(*) Séance du 23 mai 1949.

([1]) G. Herzberg, *Review of Modern Physics*, 14, 1942, p. 195; P. Swings, *Monthly Notices*, 103, 1943, p. 86; R. Herman, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 221.

([2]) J. Hunaerts, *Bulletin Astronomique de l'Observatoire royal de Belgique*, 3, 1945, p. 320.

([3]) R. Herman, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 962; L. Herman et R. Herman, *Annales d'Astrophysique* (sous presse).

Dans mes expériences, le tube à décharge, de 90$^{cm}$ de long, muni d'électrodes de carbone, est rempli de xénon sous une pression de 10$^{mm}$ de mercure. Des quantités croissantes d'hydrogène sont introduites dans le tube à l'aide d'un osmorégulateur. Au cours de ces recherches, on a obtenu des résultats intéressants en ce qui concerne la molécule CO. Il est en effet difficile de se débarrasser de toute trace d'oxygène et le système le plus persistant de CO, dans ces conditions, est la transition $a^3\Pi - X^1\Sigma^+$ dans l'ultraviolet. Lorsqu'on augmente le pourcentage d'hydrogène dans le tube, on observe des modifications importantes : d'une part le système de Cameron se développe de telle sorte que la température de vibration de ce système augmente avec la concentration en hydrogène, d'autre part, pour une assez forte pression de ce dernier, si l'on ajoute un peu de CO en chauffant les électrodes par une décharge, le tube prend la couleur verte caractéristique du système de triplets (maximum d'émission dans le jaune vert). L'exaltation du système $d^3\Pi - a^3\Pi$ ne s'accompagne pas d'une augmentation parallèle d'intensité des bandes de Cameron. Les deux systèmes ne semblent pas étroitement liés entre eux, le système de triplets subissant des variations considérables d'intensité avec la pression et la densité de courant, alors que le système de Cameron garde une intensité sensiblement constante dans nos conditions expérimentales. Ce résultat est en désaccord avec l'hypothèse d'une descente en cascade

$$d^3\Pi \rightarrow a^3\Pi \rightarrow X^1\Sigma^+.$$

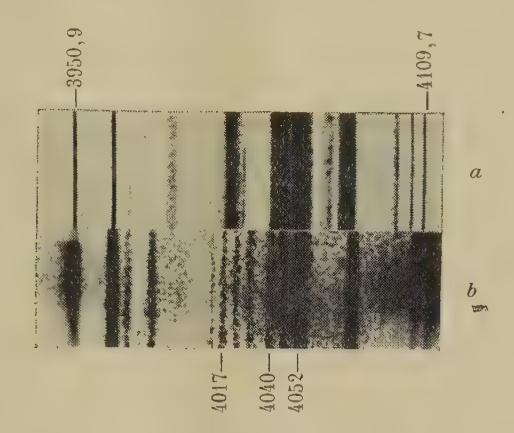
Outre le système $d^3\Pi - a^3\Pi$, on observe, dans la région du groupe 4050, de nouveaux triplets dont les longueurs d'onde sont indiquées dans la première ligne du tableau. Dans la deuxième ligne figurent les têtes de bande du groupe obtenu dans l'hydrogène en l'absence de CO et, dans la dernière, les positions des maxima observés dans les comètes.

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CO.......... | 4100 | 4093 | 4086 | – | 4070 | – | 4063 | 4056 | 4052 | 4046 | 4040 | – | 4030 |
| $CH_2$.......... | 4099 | 4091 | 4086 | 4074 | 4069 | 4068 | 4065 | 4054 | 4050 | 4044 | 4040 | 4033 | – |
| Comètes..... | 4099 | 4090 | 4085 | 4074 | – | 4068 | 4064 | 4054 | 4051 | 4043 | 4040 | 4033 | – |
| CO.......... | – | 4024 | – | 4017 | – | – | – | 3997 | – | – | 3991 | (*) | – |
| $CH_2$.......... | 4026 | 4024 | 4021 | 4019 | 4014 | 4007 | 4002 | 3998 | 3995 | 3993 | 3991 | 3986 | 3983 |
| Comètes..... | 4028 | 4023 | – | 4019 | 4013 | 4007 | 4002 | 3997 | – | 3993 | – | 3987 | – |

(*) Masquée par XI 3985,2.

Les nombres figurant dans ce tableau permettent de constater de bonnes coïncidences numériques entre les lignes 1 et 3. Étant donnée la présence, reconnue depuis longtemps, de la molécule CO dans le rayonnement cométaire, on est en droit de se demander si les bandes ci-dessus ne pourraient pas apparaître, dans certaines conditions, et modifier par suite la position des maxima et les intensités relatives des composantes du groupe 4050, d'autant plus que les conditions d'excitation sont très voisines. Toutefois, on

peut constater, sur la reproduction ci-contre, que les deux systèmes sont entièrement distincts. On voit en effet, sur la figure, que les branches ou bandes individuelles ont des intensités différentes dans les deux cas. La structure de




rotation n'est également pas la même : alors que, dans le spectre $b$, les branches individuelles ont l'aspect de raies, celles du spectre $a$ ont une structure de rotation développée et la dégradation vers le rouge est visible, même avec une faible dispersion.

L'écartement de ces triplets ne correspond pas à celui du système $d^3\Pi - a^3\Pi$; il semble analogue, par contre, à celui des nouveaux triplets signalés précédemment (4); toutefois, le rattachement à ceux-ci n'est pas établi. L'étude détaillée de ces nouvelles émissions de CO est en cours.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur deux critériums de qualité d'un système linéaire de transmission.* Note (*) de M. **Maurice Cotte**, présentée par M. Louis de Broglie.

Un système de transmission linéaire est défini, soit par sa réponse $I(t)$ à un signal impulsion unité, représenté par la fonction de Dirac

$$(1) \qquad \delta(t) = 0 \quad \text{pour} \quad x \neq 0; \qquad \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t) = 1,$$

soit par son facteur de transfert

$$(2) \qquad e^{-\Gamma} = e^{-\varphi_1}(\cos\varphi_2 - j\sin\varphi_2),$$

où $\varphi_1$ et $\varphi_2$ sont deux fonctions réelles de la fréquence $f$.

Le signal appliqué au système est donné, soit par son expression $y(t)$ en

(4) L. Herman et R. Herman, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 230; *Journ. de Phys.*, VIII, 9, 1948, p. 160.

(*) Séance du 16 mai 1949.

fonction du temps $t$, soit par ses composantes de Fourier. A ce signal, le système donne la réponse $z(t)$, et nous définirons l'erreur introduite par la transmission par

$$(3)\qquad u(t) = \frac{z(t)}{m} - y(t-\theta);$$

les constantes $m$ (affaiblissement) et $\theta$ (retard) étant ajustées au mieux.

1° Posons

$$(4)\qquad \begin{array}{lll} y_T(t) = y(t) & \text{pour} & -T < t < T, \\ y_T(t) = 0 & \text{pour} & t < -T \quad \text{et} \quad t > T \end{array}$$

$$(5)\qquad A_T(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} y_T(t) e^{-2\pi j f t}\, dt.$$

Au signal $y_T(t)$ correspondra la réponse $z_T(t)$ et l'erreur

$$(6)\qquad u_T(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} A_T(f)\,[m^{-1} e^{-\Gamma} - e^{-2\pi j\theta f}]\, e^{2\pi j f t}\, df.$$

En supposant que les limites

$$(7)\qquad \overline{y^2} = \lim_{T=\infty} \frac{1}{2T} \int_{-\infty}^{+\infty} y_T^2\, dt$$

$$(8)\qquad G(f) = \lim_{T=\infty} \frac{|A_T|^2}{T}$$

existent, on a, comme il est bien connu,

$$(9)\qquad \overline{y^2} = \int_0^{\infty} G(f)\, df.$$

En définissant $\overline{z^2}$, $\overline{y^2}$, $\overline{u(t y)(t-\theta)}$ par des équations analogues à (7), on a de même

$$(10)\qquad \overline{u^2} = \int_0^{\infty} G(f)\,[m^{-2} e^{-2\varphi_1} - 2 m^{-1} e^{-\varphi_1} \cos(\varphi_2 - 2\pi\theta f) + 1]\, df.$$

Le minimum de $\overline{u^2}$, défini par $\partial\overline{u^2}/\partial\theta = \partial\overline{u^2}/\partial m = 0$ est

$$(11)\qquad \overline{u^2_{\min}} = \int_0^{\infty} G(f)\,(1 - m^{-2} e^{-2\varphi_1})\, df = \int_0^{\infty} G(f)\,[1 - m^{-1} e^{-\varphi_1} \cos(\varphi_2 - 2\pi\theta f)]\, df.$$

Notons que

$$(12)\qquad \overline{u(t) y(t-\theta)} = -\int_0^{\infty} G(f)\,(1 - m^{-2} e^{-2\varphi_1})\, df = -\overline{u^2_{\min}}.$$

Posons

$$(13)\qquad m = e^{-\varphi_0}; \qquad \psi_1 = \varphi_1 - \varphi_0; \qquad \psi_2 = \varphi_2 - 2\pi\theta f.$$

Dans un système de transmission de qualité, $\psi_1$ et $\psi_2$ sont très petits dans tout le domaine des fréquences pour lesquelles $G(f)$ n'est pas extrêmement

petit, domaine qui constitue la bande passante. On a alors

$$\overline{u}^2_{\min} \simeq \int_0^\infty G(f)(\psi_1^2 + \psi_2^2)\, df. \tag{14}$$

Si l'on admet que la distribution des valeurs de $u$ suit une loi de probabilité normale, la probabilité pour que l'erreur instantanée $|u(t)|$ dépasse $4\sqrt{\overline{u}^2_{\min}}$ est très faible. La qualité d'une transmission est donc déterminée par les valeurs de $\psi_1$ et $\psi_2$, et non par les valeurs de $d\psi_2/df$.

2° De l'identité

$$u(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} m^{-1}\, y(t-t')\,[I(t') - m\,\delta(t'-\theta)]\, dt' \tag{15}$$

on déduit, en supposant $|y(t)| < y_0$,

$$|u(t)| < u_0 = m^{-1} y_0 \int_{-\infty}^{+\infty} |I(t') - m\,\delta(t'-\theta)|\, dt'. \tag{16}$$

On montre facilement qu'il est possible de substituer dans (16) à $\delta(t)$ une impulsion $\varphi(t)$ de durée courte, mais finie, et à $I(t')$ la réponse $R(t')$ du système à $\varphi(t)$, *dans la mesure où l'on peut confondre pratiquement $y(t)$ avec une moyenne pondérée* $Y(t)$, définie par

$$Y(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(t-t_1)\, y(t_1)\, dt_1 \tag{17}$$

avec la condition

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(t)\, dt = 1. \tag{18}$$

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'opacité aux ultrasons des milieux poreux.* Note (*) de M. **Georges-A. Homès**, présentée par M. Albert Portevin.

1. Les ultrasons se propagent aisément dans les solides et les liquides homogènes, mais ils sont réfléchis et diffusés par les surfaces limitant les inclusions gazeuses au sein desquelles ils se propagent mal. Aussi les corps poreux sont-ils de mauvais conducteurs des ultrasons et l'on peut s'attendre à trouver une mesure de la compacité par la détermination du facteur de transmission des ultrasons.

Nous relatons ci-après quelques expériences entreprises dans le but de vérifier s'il existe une corrélation étroite entre ces grandeurs, en vue de l'appliquer aux métaux frittés, suivant une suggestion de A. Portevin.

2. La première expérience a consisté à dégazer progressivement de l'eau

(*) Séance du 23 mai 1949.

chargée de bulles d'air et à suivre l'évolution de la transparence aux ultrasons du mélange. Celle-ci se mesurait par le rapport des intensités, à l'entrée et à la sortie, d'un faisceau d'ultrasons traversant une épaisseur constante de liquide. Les ondes avaient pour fréquence 1 mégahertz.

Un dispositif spécial avait été construit pour faire circuler l'eau, pour y injecter une certaine quantité d'air et pour laisser s'échapper les bulles d'air.

Nous commencions par mélanger une certaine quantité de bulles dans l'eau et par mesurer la transparence initiale aux ultrasons. Ensuite nous laissions s'échapper l'air progressivement : la teneur en bulles diminuait au fur et à mesure que le temps s'écoulait. Nous nous servions de ce temps de dégazage comme mesure de la compacité du mélange.

Voici nos résultats.

| Compacité (Durées de dégazage, en minutes). | Transparence aux ultrasons (Intensité relative des faisceaux, en %). |
|---|---|
| 0 (mélange riche en bulles) | 2 |
| 1 | 10 |
| 2 | 22 |
| 3 | 37 |
| 4 | 52 |
| 5 | 64 |
| 6 | 74 |
| 7 | 81 |
| 8 (bulles invisibles) | 87 |
| eau pure | 100 |

La corrélation entre la quantité de bulles et l'opacité aux ultrasons semble indéniable.

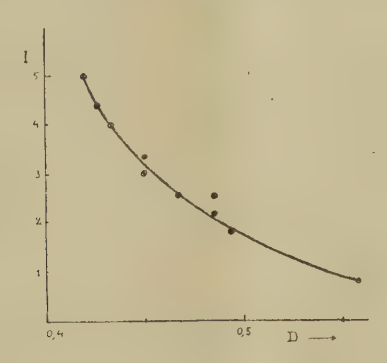
3. Pour progresser dans la voie quantitative, nous avons radiographié des mélanges homogènes d'eau et de bulles d'air à l'endroit même où passait un faisceau d'ultrasons dont nous mesurions l'intensité à l'entrée et à la sortie d'une couche d'épaisseur constante. Le rapport des intensités mesurait la transparence du milieu aux ultrasons.

Nous photométrions les films radiographiques pour en déduire leur densité (ou noircissement). On sait (1) qu'entre certaines limites de noircissement, que nous avons respectées, la densité est une mesure fidèle du milieu. Pour homogénéiser les mélanges, nous avions construit un dispositif d'agitation de l'eau qui fonctionnait pendant les opérations de radiographie et d'ultrasonoscopie. Les résultats de ces mesures sont portés sur le graphique ci-contre, qui révèle une corrélation très étroite entre la compacité et la transparence aux ultrasons. Le seul point aberrant du graphique peut s'expliquer par un incident de fonctionnement du dispositif d'agitation.

4. Pour nous rapprocher du cas des matériaux solides hétérogènes et en

(1) G.-A. Homès, *Revue A. R. C. O. S.*, Bruxelles, 1938, p. 1951.

même temps pour évaluer l'influence de la dimension des inclusions, nous avons comparé la transparence aux ultrasons de trois disques de 15mm d'épaisseur, le




Corrélation entre l'opacité ultrasonore de l'eau chargée de bulles d'air et la porosité, évaluée par la radiographie.

I, transparence aux ultrasons mesurée par le rapport entre l'intensité incidente et l'intensité transmise des ultrasons, pour différentes teneurs de l'eau en bulles d'air (fréquence des ultrasons = 1 mégahertz).

D, densité photométrique du film radiographique obtenu en irradiant l'eau à l'aide des rayons X, à l'endroit même où passe le faisceau d'ultrasons.

premier en paraffine pure, le second en paraffine chargée de billes métalliques de 5mm et le troisième en même matière chargée de billes de 1mm. Voici les résultats :

| Matière irradiée. | Transparence aux ultrasons. |
|---|---|
| Paraffine pure | 100 % |
| » chargée de billes de 5mm | 10 |
| » » 1mm | 2 |

5. En conclusion, il semble possible d'évaluer la compacité d'un corps poreux par sa transparence aux ultrasons.

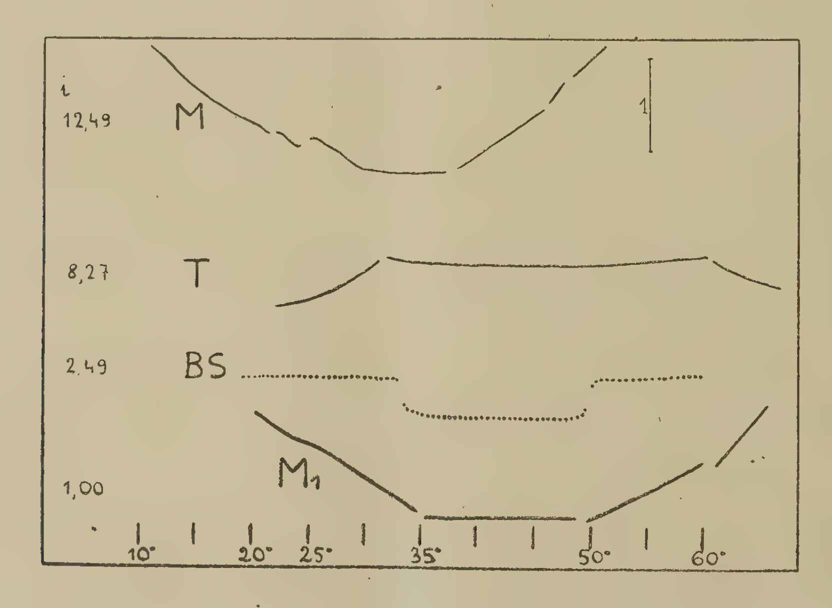
Il s'agit ici d'expériences préliminaires, préface à une étude d'ensemble sur la perméabilité aux ultrasons des poudres métalliques frittées, entreprise en collaboration avec M. Albert Portevin.

CHALEUR. — *Variation thermique non continue de la transparence de solutions aqueuses*. Note de Mlle **Marie-Claire Ollivier**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Deux cellules photoélectriques Φ, Φ′, identiques, sont reliées en parallèle, en opposition, à un galvanomètre de shunt réglable. La source lumineuse invariable fournit deux faisceaux : le premier traverse un objectif, des filtres, le corps étudié A et atteint Φ; le second, dont on règle l'intensité au moyen de deux polariseurs, atteint Φ′. La température $t$ de la substance, mesurée à 0°,05

près, varie de $t_1$ à $t_2$, par exemple de 9° à 80°. Ce dispositif, très souple, permet d'amener le spot du galvanomètre à l'un des bouts de la règle pour $t=t_1$ et à l'autre bout pour $t=t_2$. Soit $L=a-bt+y$ (ou quelquefois $a-bt+ct^2+y$) la lecture sur la règle; de L on déduit la transparence de A. On étudie la fonction $y(t)$. Exemples :

*Solution* T : $(NO_3)_3Fe+NO_3H$, eau, renfermant 1g de nitrate anhydre pour 3g de solution [1]. Assez transparente à froid jusqu'au bleu vert, elle ne laisse passer à chaud que du rouge. On opère en lumière verte ($0^{\mu},52$ environ) et au-dessous de 80°, sinon la réversibilité n'est pas suffisante. La courbe $y(t)$ montre deux clasties vers 30° et 60°, comme les courbes relatives aux densités et aux résistances (*loc. cit.*). On observe ces clasties même si l'on opère en lumière blanche.




*Solutions salines :* siège d'une hydrolyse réversible, fonction de $t$; avec, suivant les cas, un peu de pourpre de bromocrésol (PR) ou de phénolsulfonephtaléine (PS). Une trace de base ou d'acide amène la teinte au rose intermédiaire entre le jaune très clair (acide) et le violet foncé (alcalin). Chauffée, la solution devient jaune clair; refroidie, violette, si l'acide du sel est fort et la base faible; et inversement. Pendant les mesures de transparence, qui se font en lumière verte, il faut proscrire l'apport de la moindre trace d'acide ou de base [2]. Je cite :

---

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1012; **228**, 1949, p. 984. Au sujet de l'utilisation d'*une* cellule photoélectrique, voir notamment : H. Ollivier, *Bull. Soc. Phys.*, 1937, p. 119 S et *passim*; Dejardin, *Bull. Soc. Phys.*, 1937, p. 45 S.

(2) Les précautions à prendre ressemblent à celles que prend un chirurgien pour opérer aseptiquement.

*Solution* M (+ PR) ($NO_3NH_4$, $\tau = 0,50$; $i = 12,49$). L'abscisse L (cm) du spot variait de plus de 7mm par degré. La courbe M indique les variations de $y = 0,72t - L - 22$ (cm). Des clasties s'observent, comme pour les densités et les résistances (*loc. cit.*) vers 24°, 29°,5, 38° (45° à 47°). Un léger accident s'observe de 21° à 23° comme pour les résistances.

*Solution* $M_1$ (+ PR) ($NO_3NH_4$; $\tau = 0,04$; $i = 1$). La courbe $M_1$ indique les variations de $y = 0,48t - L - 22$ (cm). Les clasties se montrent à 35°, 49°, 61°.

*Solution* BS (+ PS) (benzoate de sodium; $\tau = 0,316$; $i = 2,49$). La courbe BS montre les variations de $y = L - 21 - bt - ct^2$ ($b = 0,928$; $c = 2,86.10^{-3}$). Une clastie s'observe à 33°, une autre à 50°.

Les points correspondant à tous ces résultats se placent bien sur la courbe générale VIII (*loc. cit.*). L'existence des températures limites ($i \to 0$) vers 36°, 50°, 61° se confirme.

Le même dispositif s'est montré d'une grande sensibilité et d'une fidélité irréprochable pour l'étude d'autres phénomènes; je cite :

1° le problème classique de la neutralisation *isotherme* d'une solution diluée basique (variables : les natures de la base, de l'acide ajouté, de l'indicateur coloré; la température). Exemple : soude à 20°, PR de titre $2.10^{-5}$, lumière verte; une addition de $2.10^{-10}$ mol/g d'acide fort par centimètre cube produit dans la région du virage un déplacement du spot de 1mm, fidèlement reproductible;

2° la production d'un composé coloré, comme le corps rouge sang donné par un sel ferrique avec l'antipyrine. Solution acide de nitrate ferrique de titre 0,025. Addition goutte à goutte d'une solution apportant, par goutte, $6,08.10^{-6}$ mol/g d'antipyrine. La déviation du spot, toujours en lumière verte, est $L(\text{cm}) = -15,72 + 40,62.10^{-0,02322x}$ ($x$, nombre des gouttes).

L'apport de $2.10^{-7}$ mol/g d'antipyrine par centimètre cube est décelable. Pour ces solutions diluées et acides, la limite a été atteinte quand une molécule d'antipyrine a été ajoutée à 11mol de sel ferrique.

THERMODYNAMIQUE. — *Possibilité d'appréciation des carburants du point de vue de leur combustion dans les moteurs.* Note (*) de MM. **Rostislav Vichnievsky** et **Robert Guyot**, présentée par M. Gustave Ribaud.

La combustion dans les moteurs à allumage par étincelle peut présenter deux phases, une phase de combustion normale caractérisée par un accroissement de pression progressif, et une phase anormale où l'accroissement de la pression est accompagné de vibrations.

En première approximation, la nature des carburants n'a pas d'influence

(*) Séance du 23 mai 1949.

sur les diverses manifestations de la combustion pendant la première phase. Elle intervient uniquement pour limiter la durée de celle-ci. On peut sur les moteurs expérimentaux détecter cette limite par les vibrations de pression de la masse gazeuse contenue dans le cylindre, par la variation oscillatoire de la conductibilité électrique ou du rayonnement de la flamme (1) (2). Sur les moteurs industriels un appareil sismographique enregistrant les vibrations transmises à la culasse, permet de détecter l'apparition du cliquetis. Dans ce but, les vibrations enregistrées par l'appareil sont filtrées de manière à ne laisser passer que les fréquences correspondant aux vibrations propres de la masse gazeuse contenue dans le cylindre.

Ainsi la mesure de la durée de la combustion normale permet de classer les carburants.

Nous avons opéré sur un moteur monocylindre alimenté dans des conditions identiques avec différents mélanges d'heptane et d'isooctane. L'enregistrement de ces vibrations est représenté par la figure 1.

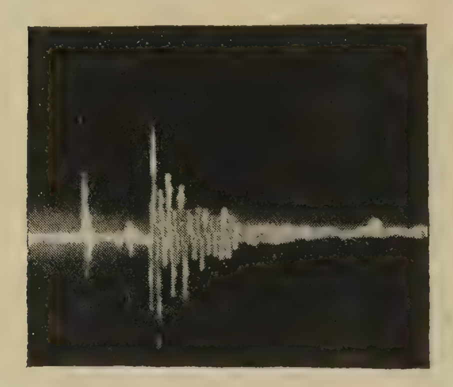


Fig. 1. — Enregistrement du cliquetis avec un capteur magnétique.

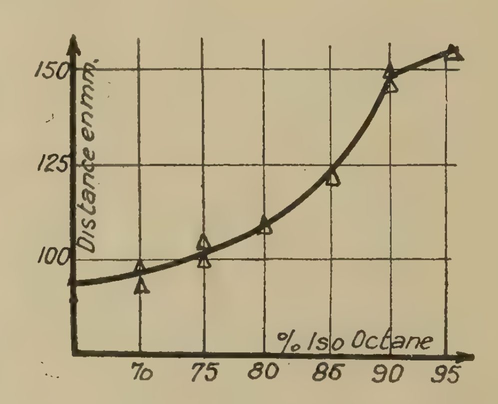



Fig. 2. — Distances entre la première vibration de cliquetis et le parasite d'allumage.

Un repère donne sur cette figure l'instant de l'allumage de la charge. Il nous est possible de mesurer avec précision sur le diagramme la distance qui sépare l'instant d'allumage de l'apparition du cliquetis. L'enregistrement étant effectué à vitesse de déroulement constante, cette distance est proportionnelle à la durée de la combustion normale. Celle-ci croît régulièrement avec l'augmentation de la proportion de l'isooctane dans le mélange (*fig.* 2).

Bien entendu, étant données l'instabilité du phénomène du cliquetis et sa variation d'un cycle à l'autre, il faut faire ces mesures de distance sur de nombreux enregistrements et prendre la valeur moyenne. Il est possible également de faire appel à la mesure du temps moyen avec des dispositifs électroniques.

---

(1) R. Vichnievsky, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 216.

(2) M. Graff, *Forschungbericht*, 1940, p. 1314.

Il y a tout intérêt à opérer à un taux de compression fixe pour classer les divers carburants, la durée de la combustion normale pouvant être reliée à la fraction du mélange brûlé ([3]), permet par différence de préciser l'énergie libérée d'une manière susceptible de produire la chute de puissance du moteur et sa détérioration. La classification des carburants par la méthode ASTM. C. F. R. ([4]) basée sur l'identité des indications de l'aiguille sauteuse au cours de l'accroissement du taux de compression pour les mélanges à forte proportion d'isooctane, conduit à comparer la combustion anormale de fractions différentes de la charge aux faibles et aux fortes compressions donnant lieu à des intensités de cliquetis différentes pour les mêmes indications de l'aiguille sauteuse. Car celle-ci ne donne pas d'indication proportionnelle à l'intensité du cliquetis, mais assure le contact d'un circuit électrique qui dure tant que les vibrations dépassent une certaine valeur. Pour la même durée de combustion normale aux taux de compression élevés, du fait de l'accroissement de la vitesse de combustion, la fraction brûlant anormalement se trouve réduite. Ceci a été constaté au cours de nos expériences. Effectivement, pour les mêmes indications de l'aiguille sauteuse, nous obtenons la même durée de combustion normale aux taux de compression 5 et 5,75 en utilisant les mélanges à 60 et 98 % d'isooctane, tandis que l'amplitude de vibration, qui est fonction de la charge brûlant anormalement, diminue lorsqu'on passe du taux de compression 5 au taux de compression 7,75 dans le rapport 4,2.

La présente méthode résout le problème de la classification des carburants sur un moteur réel, quel que soit le régime de ce moteur. Elle élimine les erreurs inhérentes aux méthodes basées sur la mesure des amplitudes de vibrations, erreurs provenant des inégalités de transmission aux parois et à la variation de sensibilité des amplificateurs électroniques.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur l'extraction de la chaleur terrestre.*

Note de MM. **Georges** et **André Claude**, présentée par M. Albert Caquot.

La grande importance de l'énergie disponible à faible profondeur dans la couche terrestre accessible à nos moyens actuels nous a conduits à rechercher quelles étaient les caractéristiques nécessaires pour obtenir les résultats que nous prévoyions dans notre Note précédente dans le cas où l'aspiration de l'eau se ferait par le seul jeu de la perméabilité et où la masse sédimentaire ne reposerait pas sur un réseau fracturé non colmatable ([1]).

---

([3]) G. Rassweiler, *S. A. E. Journal*, 1938.

([4]) Méthode ASTM. D 357-47 (*ASTM. Manual of Engine Test Methods for Rating fuels*, 1948).

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1209-1210.

Un puits de $2^m$ de diamètre débite $1 m^3$/sec. et capte les eaux sur $100^{km^2}$. Sa profondeur est de $4000^m$, et la poussée hydrostatique est de $160^m$.

Si nous supposons, pour assurer un captage correct de la chaleur, que le puits ne permet la rentrée des eaux que sur le dixième de sa profondeur, soit sur $400^m$, nous trouvons par les formules approchées classiques que dans un sol homogène de perméabilité $k$, le débit atteint environ $180\,000\,k$.

Remarquons que la trajectoire des filets liquides est indépendante de la perméabilité, et que par conséquent le captage méthodique de la chaleur s'opère dans les différents terrains homogènes de la même façon, mais la puissance par puits est proportionnelle à la perméabilité $k$.

Le débit de $1 m^3$/sec. suppose $k = 5,5 . 10^{-6}$ d'après ce qui précède, et cette valeur correspond à un sable assez fin.

Dans l'argile le débit serait très faible avec une perméabilité de l'ordre de $10^{-10}$, et le captage serait sans utilisation.

La création de grandes sources thermoartésiennes dans les conditions prévues est donc particulièrement réalisable soit dans un sol sableux, soit dans des roches fissurées, comme les calcaires, où la circulation des eaux est facile avec de faibles pertes de charge.

Les renseignements donnés par les forages à grande profondeur pour la recherche du pétrole seront particulièrement utiles pour définir la perméabilité des différentes couches rencontrées.

On sait que de telles caractéristiques sont calculées à partir des données expérimentales, aux niveaux successifs, par l'écoulement dans le sol de l'eau soit injectée, soit aspirée dans le puits, et ces mesures seront les éléments les plus sûrs pour établir les prévisions en vue du creusement du puits à grande section pour l'extraction de la chaleur terrestre.

ÉLECTRICITÉ. — *Effets réversibles de l'adsorption des gaz sur la conductibilité électrique des couches métalliques très minces*. Note (*) de M. **Nicolas Mostovetch**, présentée par M. Aimé Cotton.

Cette Note contient quelques résultats relatifs à l'adsorption réversible des gaz par les couches métalliques très minces déposées sur un support bien dégazé dans un très bon vide (1).

Le résultat essentiel de notre étude est la mise en évidence d'une variation réversible de la résistance des dépôts métalliques non recuits en fonction de la quantité de gaz adsorbée. Cette variation n'est purement réversible qu'à condition que les pressions limites auxquelles sont soumis ces dépôts ne dépassent

(*) Séance du 23 mai 1949.

(1) MM. E. Darmois, N. Mostovetch et B. Vodar, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 992-993.

pas $10^{-4}$ mm Hg. Pour une pression supérieure, il apparaît un autre phénomène d'adsorption irréversible. L'influence de l'adsorption sur la résistance des dépôts a été étudiée qualitativement pour différents gaz (air, N, $O_2$, $H_2$, $CO_2$) et pour les métaux : Mo, Pt, Rh, Ni, Au. *La résistance des dépôts à coefficient de température négatif diminue par l'adsorption des gaz et augmente réversiblement par libération des gaz adsorbés.* Au contraire, *la résistance des dépôts plus épais à coefficient de température positif augmente par adsorption des gaz et diminue par dégazage.* A basse température, le phénomène est encore plus accentué et l'adsorption est plus importante.

Voici les expériences qui nous ont amené à ces résultats :

1° Dans une ampoule on a préparé (*fig.* 1) sur les mêmes supports deux dépôts de Pt : un dépôt très mince (A) de résistance $1,25.10^8\ \Omega$ à coefficient de température $\Delta R/\Delta T < 0$ et un autre plus épais (B) de résistance $8,12.10^3\ \Omega$ à $\Delta R/\Delta T > 0$. Ces dépôts ont ensuite été soumis à une pression de $10^{-5}$ mm Hg

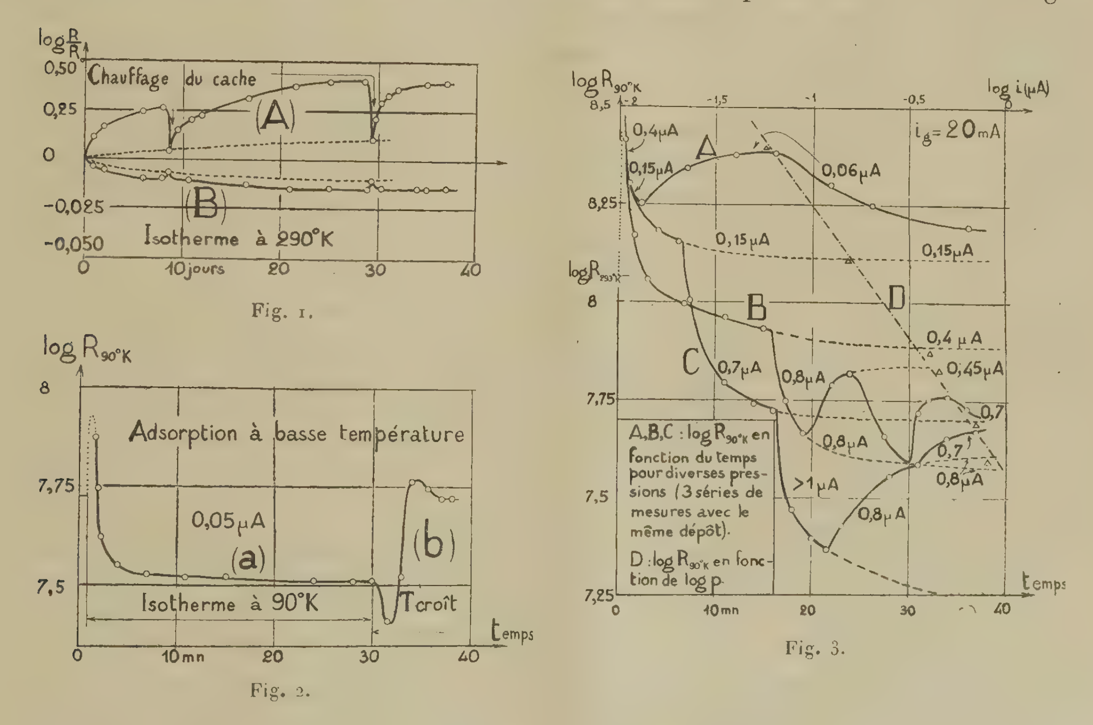



Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

d'air, puis repompés à $10^{-7}$ mm Hg et scellés avec un getter au Ba. La résistance A, par suite de l'amélioration du vide augmente, alors que la résistance B diminue, et cela plus rapidement que leur évolution spontanée (lignes pointillées) ne le faisait prévoir. Chaque fois qu'on augmente la pression résiduelle dans l'ampoule par chauffage en haute fréquence d'un cache de Ni, la résistance A diminue et la résistance B augmente.

2° Les dépôts des métaux mentionnés ci-dessus, stabilisés au bout de quelque temps à température ordinaire, et refroidis ensuite à la température de $O_2$

liquide présentent une augmentation de R d'après la loi signalée [1]; mais ensuite (*fig.* 2, courbe *a*) l'adsorption des gaz résiduels provoque une diminution de la résistance avec une tendance vers un palier qui est fonction de la pression résiduelle. La vitesse initiale de diminution est d'autant plus grande que le vide est plus mauvais. En réchauffant assez vite le dépôt, on trouve une oscillation de sa résistance (*fig.* 2, courbe *b*) : première phase : augmentation de la température plus rapide que le dégazage; deuxième phase : dépôt privé de gaz sans avoir atteint son équilibre thermique avec la température ambiante. A la température ordinaire et à la pression initiale, on retrouve la même valeur de la résistance.

3° La figure 3 représente trois séries de mesures effectuées avec le même dépôt pour diverses pressions. L'ampoule, avec son dépôt, est soudée sur la canalisation où nous faisons varier la pression. Ces courbes ont un caractère dynamique, parce qu'il nous a été très difficile de maintenir la pression constante. Les traits noirs des courbes représentent les variations mesurées des résistances, et les lignes pointillées leurs variations extrapolées pour une pression donnée constante. Cette extrapolation est justifiée par la figure 2. Ce dépôt, maintenu à la température $O_2$ liquide, répond à chaque changement de pression. La droite (D), qui donne la variation de la résistance en fonction de la pression, rappelle une loi classique de l'adsorption; en effet, on trouve

$$\log R = -n \log p + \log b,$$

où $n$ et $b$ sont des constantes expérimentales.

Il est évident que ces résultats contribuent à une meilleure connaissance de la structure des couches minces et du mécanisme de leur conduction électrique. Comme conséquence pratique de ces phénomènes, on pourrait prévoir leur utilisation en technique du vide pour déceler, et même mesurer, des pressions très faibles ($10^{-8}$ et peut-être au-dessous).

ÉLECTRONIQUE. — *L'effet de scintillation dans les diodes saturées.* Note (*) de M. **Luiz de Queiroz Orsini**, présentée par M. Camille Gutton.

La théorie de Mac Farlane [1] sur l'effet de scintillation (flicker effect) conduit, pour le carré moyen du courant de fluctuation dû à cet effet, à une loi de la forme

$$\overline{i_f^2} = C\frac{i^m}{\omega^n}, \tag{1}$$

$i$ étant le courant de saturation de la lampe, $\omega = 2\pi f$ la pulsation à laquelle on fait la mesure et C une constante; enfin, on doit avoir entre les exposants $m$ et $n$, la relation $m - n = 1$.

(*) Séance du 23 mai 1949.

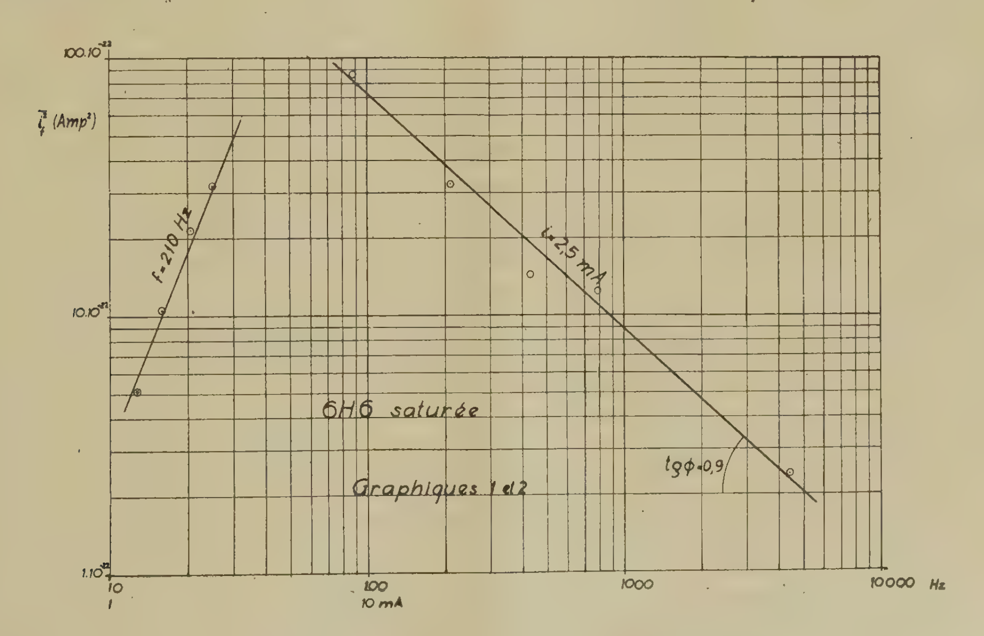
[1] *Proc. Phys. Soc.*, 59, 1947, p. 366-374.

D'après la théorie, cette expression doit être valable pour des courants $i$ suffisamment grands et pour des périodes assez faibles vis-à-vis de la constante de temps du phénomène élémentaire qui cause l'effet de scintillation. Dans les cathodes à oxydes ce phénomène serait la variation du nombre d'atomes de Ba ou Sr à la surface de la cathode; cette variation étant due à des processus de diffusion de *centres d'impuretés* (clusters) de ces atomes vers la surface cathodique et de leur retour à l'intérieur de la cathode par électrophorèse.

Nous avons fait des expériences pour préciser les conditions dans lesquelles une formule du type (1) pourrait être valable. Pour cela, nous avons fait des mesures du courant de fluctuation des diodes en basse fréquence (depuis 4400 jusqu'à 87 Hz). Ce courant de fluctuation est considéré comme la résultante des effets de grenaille (shot effect) et de scintillation. Si l'on appelle $i_s$ le courant de l'effet de grenaille, on aura

$$\overline{i_s^2} + \overline{i_f^2} = \overline{i_d^2}, \qquad (2)$$

en supposant que les deux courants ne soient pas cohérents. $\overline{i_s^2}$ peut être évalué avec sécurité par la théorie, en utilisant la formule classique de Schottky; on peut donc évaluer $\overline{i_f^2}$, par différence entre la valeur mesurée $\overline{i_d^2}$ et la valeur théorique de $\overline{i_s^2}$.




Les résultats obtenus pour la 6H6 saturée sont représentés dans les graphiques 1 et 2, en coordonnées bi-logarithmiques.

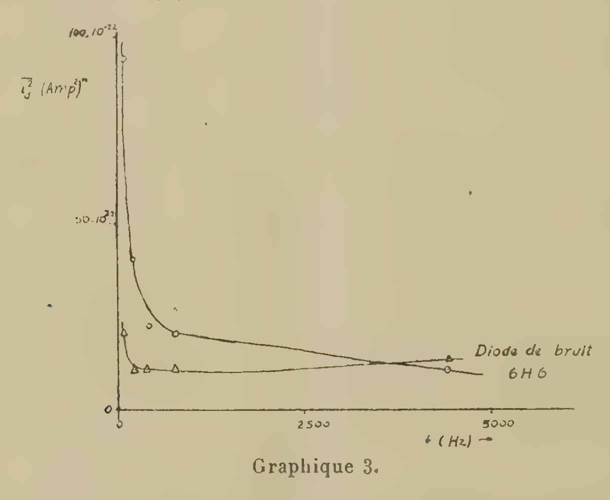
L'analyse de ces résultats nous conduit à la loi

$$\overline{i_f^2} = C\,\frac{i^{2,5}}{\omega^{0,9}}$$

Au lieu de $m-n=1$, nous avons donc 1,6; mais la dispersion des points expérimentaux peut justifier une erreur de quelques dixièmes dans les exposants et l'on peut considérer que la théorie est vérifiée, en première approximation, dans les conditions envisagées.

Si, au contraire, le courant de saturation est de l'ordre du dixième de milliampère, l'expression (I) n'est plus valable.

Comme deuxième conséquence de sa théorie, Mac Farlane indique que la courbe de répartition spectrale des fréquences doit présenter un palier au-dessous de 400 Hz, encore pour les cathodes à oxydes. Cette conséquence n'est pas vérifiée dans nos expériences, ce qui, d'ailleurs, a été aussi confirmé par d'autres expérimentateurs [2] [3].




Graphique 3.

Pour mettre en évidence la variation de l'effet de scintillation avec le type de cathode nous comparons sur le graphique 3 les résultats des mesures du carré moyen du courant total de fluctuation $\overline{i_d^2}$ sur une cathode à oxyde (6H6) et sur une diode à filament de tungstène (diode de bruit des laboratoires LCT), les deux étant saturées. Les courants anodiques sont un peu différents et l'on ne peut comparer que l'allure générale des courbes, qui montre une très nette différence.

OPTIQUE. — *Sur les facteurs de réflexion, dans le support transparent sur le métal, de différents métaux en couches très minces.* Note de MM. **Pierre Rouard** et **Pierre Cotton**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'un de nous a montré que, lorsqu'on dépose de l'or, de l'argent ou du platine [1] en couche très mince sur un support transparent (verre ou quartz),

---

(2) W. Graffunder, *Telefunken Röhre*, 5, 1939, p. 41.

(3) E. J. Harris, *Electronic Eng.*, 20, 1948, p. 145-148.

(1) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 869; **206**, 1938, p. 1106 et **228**, 1949, p. 1639; *Revue d'Optique*, **13**, 1934, p. 73 à 79, et **17**, 1938, p. 1 à 41.

la courbe donnant le facteur de réflexion R′, dans le milieu transparent sur le métal, en fonction de l'épaisseur du métal, passe par un minimum extrêmement faible, pour une épaisseur convenable de ce dernier.

Mais, tandis qu'avec les couches d'or et d'argent obtenues par projection cathodique la position de ce minimum varie avec la longueur d'onde de la radiation pour laquelle on mesure le facteur de réflexion, avec le platine il en va tout autrement. La position du minimum ne change pas alors avec la longueur d'onde, ce qui permet l'élimination de toutes les réflexions internes dans la lame support, grâce à une couche de métal de l'ordre de 25 Å déposée sur chacune des faces de cette lame.

Il était intéressant de voir si d'autres couches métalliques très minces ne présentaient pas des propriétés analogues.

Les couches très minces sont déposées par évaporation thermique sur une lame de verre prismatique (2 à 3 degrés). Entre la gouttière contenant le métal à vaporiser et la lame prismatique on interpose (tout près de cette dernière pour éviter les effets de pénombre) un disque tournant dont la surface est limitée par une spirale arithmétique.

En disposant convenablement les choses on peut ainsi obtenir une lame métallique d'épaisseur régulièrement croissante, les courbes d'égale épaisseur étant des droites parallèles à l'arête du prisme.

La lame prismatique utilisée est carrée. Elle a $4^{mm},5$ de côté. Un cache convenable empêche la métallisation d'une étroite bande de 2 à $3^{mm}$ de largeur disposée, parallèlement à une ligne de plus grande pente, au centre de la lame. On peut ainsi comparer le facteur de réflexion R′, dans le verre sur le métal, au facteur de réflexion dans le verre sur l'air pris comme étalon.

L'épaisseur de métal déposée varie linéairement, d'un bord à l'autre de la lame prismatique, de 0 à 100 Å environ.

Pour tous les métaux étudiés le facteur de réflexion dans le verre sur le métal R′ passe par un minimum extrêmement net pour une épaisseur de métal convenable.

L'épaisseur pour laquelle se produit ce minimum du facteur de réflexion R′ peut, pour un métal donné, être ou non fonction de la longueur d'onde de la radiation monochromatique pour laquelle on mesure ce facteur de réflexion. Les métaux étudiés peuvent être classés en deux groupes. Les uns, comme l'or, l'argent, le cuivre, le fer, obtenus par évaporation thermique, se conduisent comme l'or et l'argent cathodiques, c'est-à-dire que le minimum se produit pour une épaisseur différente suivant la longueur d'onde utilisée. Ils donnent par suite de vives couleurs lorsqu'un faisceau de lumière blanche se réfléchit dans le verre sur des couches d'épaisseurs voisines de quelques dizaines d'angströms. D'autres, comme l'aluminium, le beryllium, le zinc, le magnésium, se comportent comme le platine obtenu par projection cathodique, c'est-à-dire que le minimum du facteur de réflexion R′ se produit pour la même

épaisseur, quelle que soit la longueur d'onde de la radiation utilisée pour la mesure. Un faisceau de lumière blanche se réfléchissant dans ces conditions est considérablement affaibli, mais il l'est pratiquement de la même façon pour toutes les radiations.

L'élimination des réflexions internes dans une lame de verre peut donc se faire, avec l'un quelconque de ces métaux, sans sélectivité. Les couches d'épaisseur convenable pour cette opération sont d'ailleurs très adhérentes, surtout dans le cas de l'aluminium.

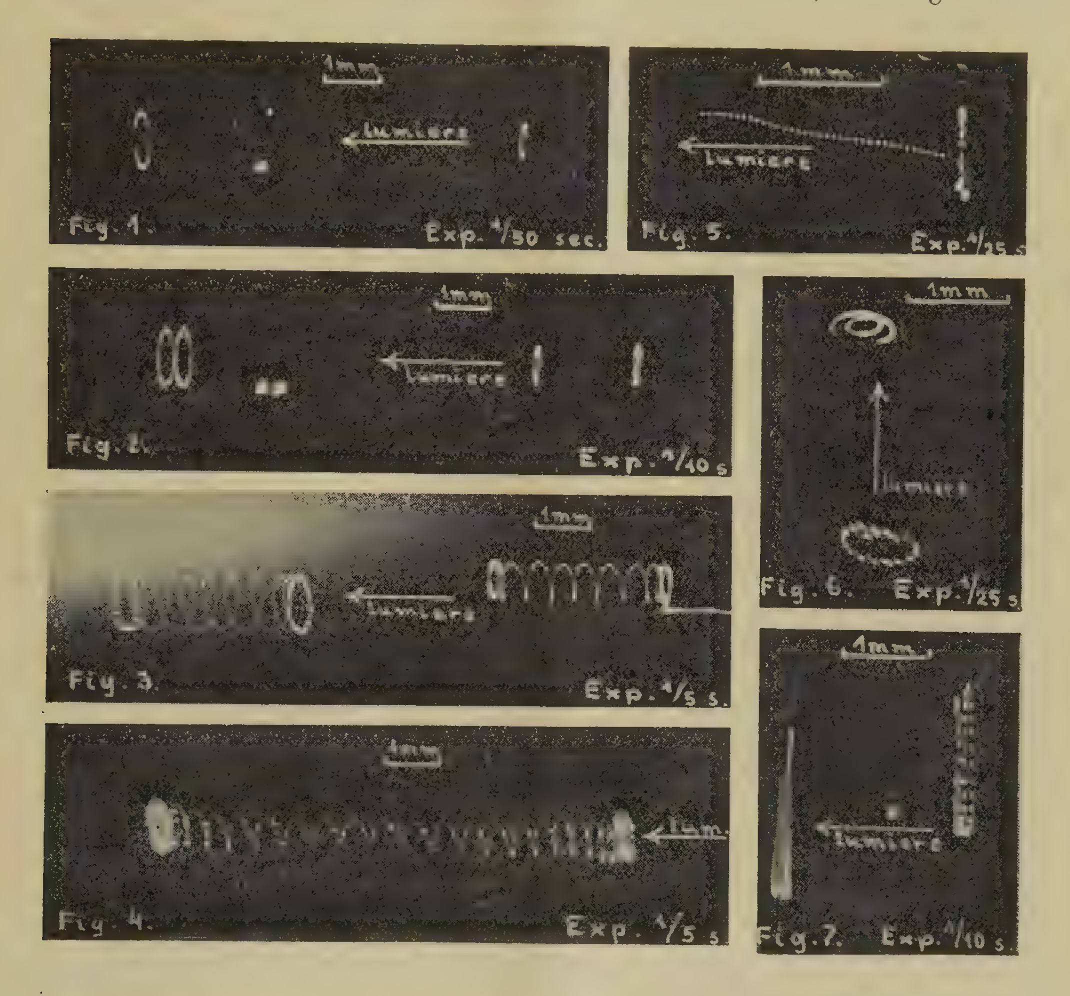
OPTIQUE. — *De la photophorèse et d'un effet de la lumière solaire provoquant une rotation de la matière dans le vide.* Note de MM. **Félix Ehrenhaft** et **Ernst Reeger**, présentée par M. Aimé Cotton.

*Photophorèse.* — On l'observe dans différents gaz même dans les gaz rares, pour des pressions allant de $2^{mm}$ Hg jusqu'à $30^{atm}$ et aussi dans les liquides. Souvent les particules suivent des trajectoires hélicoïdales régulières, même s'il s'agit de particules sphériques ou de gouttelettes, les fréquences allant jusqu'à 200 p/sec, fréquence qui dépend beaucoup de l'intensité de la lumière et de celle du champ magnétique superposé. Par contre E. Reeger et indépendamment E. Votava ont constaté dans notre Institut que si l'on modifie, avec une préparation radioactive, l'état électrique d'une particule, sa trajectoire reste inchangée même si la charge change de signe. Lorsque le sens du mouvement change, les trajectoires hélicoïdales conservent leur sens droit ou gauche.

*Nouvelle série d'expériences.* — Nous allons décrire maintenant une nouvelle série d'expériences exécutées avec les moyens les plus simples et très faciles à reproduire. On a un récipient constitué par une ampoule de lampe à incandescence où l'on peut répandre un nuage de poudre. On a employé d'abord de la poudre noire de graphite purifié Azid, d'Eimer et Amend, New-York (diamètre approximatif des grains : $10^{-3}$ cm), mais on a employé aussi depuis des poudres de fer et aussi d'*Hæmoglobinum pulvis* (de E. Merck, Darmstad). On emploie la lumière solaire, (héliostat ou soleil direct) : le faisceau est concentré par une lentille de $20^{cm}$ de diamètre et de $10^{cm}$ de foyer. L'observation peut être faite à l'œil nu ou à la loupe.

Outre des particules à trajectoires hélicoïdales, à photophorèse positive ou négative, on en a observé alors certaines qui aussi bien en faisceaux lumineux horizontal que vertical se déplacent sur une trajectoire circulaire stationnaire ne coïncidant jamais avec le foyer du faisceau et ce des heures durant aussi longtemps que l'intensité de la lumière n'est pas modifiée. Les plans des trajectoires sont normaux à la direction de propagation de la lumière (*fig.* 1, 5, 6). Les diamètres des trajectoires varient de $0^{mm},1$ à $0^{mm},3$, les fréquences de 3 à 200 t/sec. La figure 2 montre deux photos des deux trajectoires de la figure 1, la deuxième a été faite avec une intensité sensiblement plus faible,

de sorte que les deux trajectoires apparaissent déplacées vers la droite ; la figure 4 montre pour le même cas le passage d'une position d'équilibre à une autre. La figure 3 montre les deux mêmes cercles que les figures 1 et 2. Pendant la prise de vue, l'appareil a été un peu déplacé, de sorte que les deux trajectoires apparaissent étirées en hélices de sens contraires ; sur la figure 5 on




peut voir une troisième particule se déplaçant sous l'effet de la photophorèse au voisinage d'une trajectoire circulaire. Le mouvement des particules sur leurs trajectoires s'accompagne soit d'une rotation autour d'un axe propre, soit d'un mouvement hélicoïdal autour de la trajectoire. Parfois les trajectoires ont des formes plus compliquées. Les courants de convection et les autres perturbations de l'atmosphère de la chambre d'observation n'interviennent pas.

Ces résultats peuvent s'observer pour des pressions de l'ordre de $10^{\text{mm}}$ Hg (*fig.* 3, 4, 6) jusqu'à $1^{\text{mm}}$ Hg. Pour des vides de $0^{\text{mm}},1$ à $0^{\text{mm}},001$ de Hg les particules tombant dans le faisceau horizontal sont rejetées hors de celui-ci vers le haut. Elles oscillent de quelques minutes à quelques secondes près du bord

supérieur du faisceau (*fig.* 7). A la pression de $8.10^{-5}$ mm Hg on observe encore par la microphotographie des particules montrant de la photophorèse positive ou négative [1]. La photomicrographie permet aussi de mettre en évidence pour de telles pressions l'effet de rotation imprimé aux particules par la lumière, même si le faisceau est vertical.

OPTIQUE. — *Analyse spectrale de raies réfléchies sélectivement. Structure de la composante hyperfine* Bc *de la raie* λ 2537 *du mercure*. Note (*) de MM. **Jean-Louis Cojan** et **Robert Lennuier**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note précédente [1] nous avons indiqué le principe d'une méthode d'analyse spectrale fine utilisant le phénomène de la réflexion sélective d'une raie de résonance, et décrit le montage correspondant. Nous donnons ici les résultats obtenus avec la composante hyperfine X 202 de la raie λ 2537 du mercure, puis avec la composante Bc de cette raie.

1. Les figures 1 et 2 concernent la réflexion sélective de la composante hyperfine X 202. Le champ magnétique (dont les valeurs H sont portées en abscisses) appliqué à la cuve réfléchissante $C_1$, déplace de $x = 4{,}15.10^{-3}$ H mÅ le centre hyperfin $\lambda_0$. Soit I(H) l'intensité reçue après réflexion pour la valeur H du champ, $I_\infty$ l'intensité reçue lorsque H est assez grand pour que $\lambda_0 + x$ se trouve à l'extérieur du profil spectral du rayonnement incident; on a porté en ordonnées les quantités $[(I(H) - I_\infty]/I(0)$.

La figure 1 présente les courbes obtenues avec une seule réflexion sélective : celles-ci donnent donc l'analyse, par la raie réfléchie sur $C_1$, du profil spectral incident. Les pressions de la vapeur de mercure dans $C_1$ étaient fixées par les températures suivantes :

| Courbes | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Températures (°C) | 183 | 175 | 170 | 155 | 140 | 115 |

Au-dessous de 140° la réflexion dans $C_1$ est assez fine pour n'introduire aucun élargissement notable. V représente donc le profil spectral vrai de X 202 à la sortie du filtre magnétique qui l'isole; on y reconnaît les caractères indiqués précédemment [2]. La courbe VII donne la comparaison avec un profil Doppler d'agitation thermique, calculé pour la température de la source ($\Delta\lambda_D/2 = 1{,}2$ mÅ).

---

[1] Pour certaines de ces particules on a observé des vitesses rectilignes d'environ 50 cm/sec et des fréquences allant jusqu'à 5000 par seconde.

(*) Séance du 23 mai 1949.

[1] *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1409.

[2] J.-L. Cojan et R. Lennuier, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 670.

La figure 2 reproduit les courbes obtenues après deux réflexions sélectives successives; ces courbes représentent donc les profils spectraux de X 202 après réflexion sélective sur la cuve $C_2$, analysés par la réflexion sélective sur $C_1$.

Les conditions étaient :

| Courbes........... | I. | II. | III. | IV. | V. |
|---|---|---|---|---|---|
| Température de $C_1$ (°C).. | 168 | 145 | 145 | 148 | 145 |
| » de $C_2$ (°C).. | 178 | 185 | 173 | 154 | 145 |

Le décalage de 0,25 mÅ vers les courtes longueurs d'onde du maximum de chaque courbe, paraît traduire les variations très dissymétriques du facteur de réflexion de part et d'autre de $\lambda_0$. Du côté grandes longueurs d'onde un

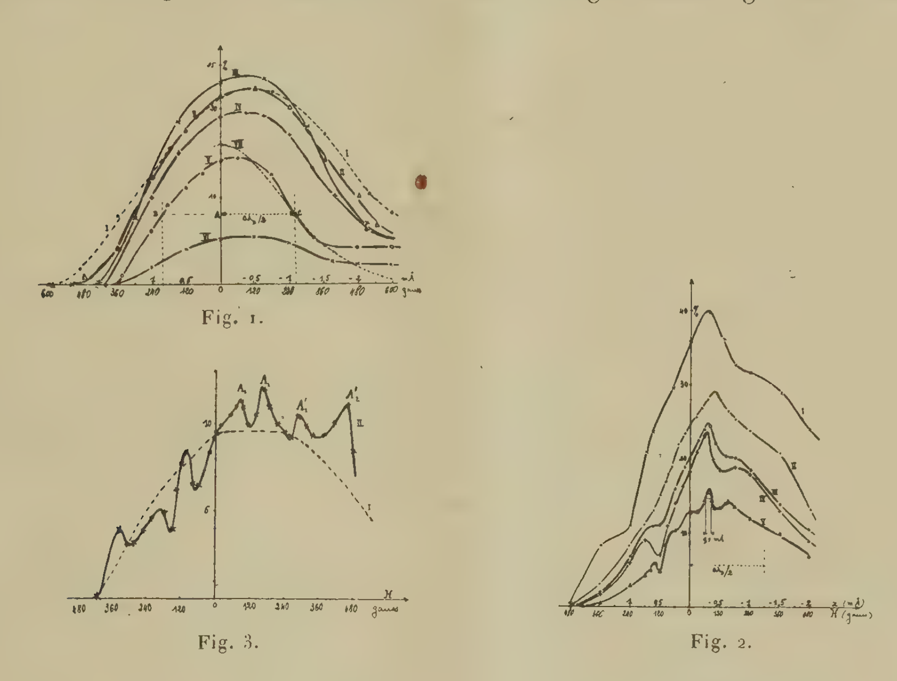

Fig. 1.

Fig. 3.

Fig. 2.

minimum accuse l'existence du point de réflexion quasi nulle. On note la finesse du maximum lorsque la pression est assez basse : sur la courbe V la pointe d'intense réflexion a une largeur de 0,1 mÅ; l'élargissement est progressif lorsque la pression augmente. Ces courbes établissent la finesse de cette méthode d'analyse lorsque la pression est maintenue basse.

2. Nous avons appliqué cette méthode à la composante hyperfine B$c$ de la raie 2537 Å, isolée par filtre magnétique. Cette composante est formée par la superposition d'une raie B due à l'isotope 199 (83 % de l'intensité de la composante) et d'une raie $c$ due à l'isotope 201 (17 %). Les deux raies B et $c$ n'avaient jamais été séparées jusqu'ici [3]. Le spin nucléaire provoque ici une

(3) H. SCHÜLER et J. E. KEYSTON, *Zeits. f. Phys.*, 72, 1931, p. 433.

décomposition Zeeman complexe. B donne deux paires $\sigma_1$ et $\sigma_2$ avec des écarts respectivement égaux à 5/3 (intensité 1) et 1 (intensité 3), l'écart normal étant pris pour unité (pour X 202 rappelons que l'écart $x$ donné ci-dessus est 3/2 fois l'écart normal). Le rôle de B est prépondérant dans l'analyse (intensité forte). La courbe I, figure 3, donne l'analyse du profil du rayonnement incident ($C_1$ à 155°). La courbe II donne l'analyse par la réflexion sur $C_1$ (155°) du rayonnement réfléchi sélectivement sur $C_2$ (165°).

Les maxima $A_1$ et $A_2$ correspondent à l'analyse de la composante B par elle-même (cas de la figure 2 mais avec le dédoublement dû aux deux composantes $\sigma_1$, $\sigma_2$); les champs pour lesquels on obtient $A_1$ et $A_2$ sont sensiblement dans le rapport 1 à 5/3. La présence des deux autres maxima $A'_1$ et $A'_2$ (obtenus encore pour des champs dans le rapport de 1 à 5/3) indique que *les composantes* B *et c ne sont pas confondues*; $A'_1$ et $A'_2$ correspondent à l'analyse de $c$ par $\sigma_1$ et $\sigma_2$ de B. On obtient la valeur de l'écart B$c$ en calculant les déplacements des composantes $\sigma_1$ et $\sigma_1$ lorsqu'on passe de $A_1$ à $A'_1$ d'une part (200 gauss) et de $A_2$ à $A'_2$ d'autre part (300 gauss). On trouve 0,9 mÅ par le déplacement de $\sigma_1$ et 0,85 mÅ par le déplacement de $\sigma_2$. Nous devons donc conclure que $c$ se trouve à environ 0,9 mÅ de B, du côté des courtes longueurs d'onde. Dans la raie d'émission de la source, les deux profils Doppler centrés sur B et $c$ se chevauchent et ne sont pas séparables.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Étude expérimentale de la polarisation des raies Raman du thiosulfate de sodium en solution dans l'eau et cristallisé.* Note de Mme **Colette Vassas-Dubuisson**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le thiosulfate $Na_2S_2O_3$ cristallise à température ordinaire avec $5^{mol}$ d'eau dans la classe holoèdre du système monoclinique. Un monocristal obtenu par évaporation a été taillé en parallélépipède rectangle dont les arêtes sont parallèles aux axes de l'ellipsoïde des indices.

La solution de thiosulfate étudiée était à température ambiante et saturée à cette température.

La solution comme le cristal étaient éclairés en lumière naturelle fournie par un arc au mercure. Un biréfringent placé sur le faisceau diffusé séparait les composantes I et $i$.

Tableau I.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\Delta\nu$ cm$^{-1}$ | 335 | 390 | 448 | 533 | 675 | 1002 | 1052 | 1132 |
| Intensité | m(d) | tf | TF | f(d) | F(d) | F | tf | m(d) |
| Largeur cm$^{-1}$ | 40 | – | – | – | 70 | – | – | 80 |
| Polarisation | D | D | P | – | P | P | D | D |
| $\rho$ | – | – | 0,3 | 0,5 | 0,1 | 0,25 | – | – |

f : faible, m : moyenne, F : forte, d : diffuse.

Le tableau I donne les raies observées dans le spectre de diffusion de la

solution : leur fréquence $\Delta\nu$ en $cm^{-1}$, leur intensité, leur largeur en $cm^{-1}$ lorsqu'elles sont particulièrement larges, leur état de polarisation (D : complètement dépolarisées) et le facteur de dépolarisation $\rho = i/I$ lorsque celui-ci est différent de 0 ou 6/7.

Le cristal immergé dans le benzène pour éviter son altération rapide à l'air, a été disposé suivant les six orientations différentes possibles qui amènent les arêtes *oxyz* du cristal en coïncidence avec un trièdre fixe OXYZ (OX faisceau incident, OY faisceau diffusé, OZ vertical). Le tableau II donne les fréquences des principales raies observées dans le spectre de diffusion du cristal, séparées en fréquences internes et externes d'après les résultats obtenus pour la solution.

TABLEAU II.

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fréquences externes $cm^{-1}$ | 32 | 38 | 51 | 70 | 75 | 90 | 95 | 104 | 120 | 163 | 237 | 262 |
| Fréquences internes $cm^{-1}$ | 325 | 347 | 379 | 438 | 547 | 554 | 628 | 640 | 680 | 1020 | 1120 | 1165 |

La mesure des intensités des composantes I et *i* de toutes ces raies dans les six cas possibles permet de calculer les facteurs de dépolarisation et d'en déduire les tableaux d'intensités ou tableaux dont les termes sont les carrés (à un coefficient près) des termes du tenseur dérivé des polarisabilités. Le trièdre fixé au cristal a été choisi tel que *oz* coïncide avec l'axe binaire du cristal, le plan *xoy* étant alors plan de symétrie. Voici présentés schématiquement quelques-uns de ces tableaux.

| 30 $cm^{-1}$. | 38 $cm^{-1}$. | 51 $cm^{-1}$. | 70 $cm^{-1}$. | 75 $cm^{-1}$. | 95 $cm^{-1}$. | 104 $cm^{-1}$. | 120 $cm^{-1}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ★ o o<br>o ★ o<br>o o ★ | o o ★<br>o o ★<br>★ ★ ★ | o o ★<br>o o ★<br>★ ★ o | o o ★<br>o o ★<br>★ ★ o | ★ ★ o<br>★ ★ o<br>o o o | o o ★<br>o o ★<br>★ ★ o | ★ ★ o<br>★ ★ o<br>o o ★ | ★ ★ o<br>★ ★ o<br>o o o |

| 325 $cm^{-1}$. | 347 $cm^{-1}$. | 379 $cm^{-1}$. | 438 $cm^{-1}$. | 680 $cm^{-1}$. | 1020 $cm^{-1}$. | 1120 $cm^{-1}$. | 1165 $cm^{-1}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| o o ★<br>o o ★<br>★ ★ ★ | ★ ★ o<br>★ ★ o<br>o o o | o o ★<br>o o ★<br>★ ★ ★ | ★ ★ ★<br>★ ★ ★<br>★ ★ ★ | ★ o o<br>o ★ o<br>o o ★ | ★ ★ ★<br>★ ★ ★<br>★ ★ ★ | o o ★<br>o o ★<br>★ ★ ★ | ★ ★ o<br>★ ★ o<br>o o ★ |

Le signe ★ désigne un élément non nul du tableau.

De l'examen de ces tableaux on peut déduire que les vibrations de fréquence 30, 75, 104, 120, 347, 680, 1165 $cm^{-1}$ sont symétriques par rapport au plan de symétrie, tandis que les vibrations de fréquence 51, 70 et 95 $cm^{-1}$ sont antisymétriques; mais on ne peut rien en déduire sur la symétrie des autres vibrations. On peut supposer pour certaines d'entres elles une dégénérescence accidentelle ou un dédoublement inobservable ([1]).

---

([1]) A. KASTLER, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 167.

Quant au spectre de diffusion de la solution, il suscite les remarques suivantes :

La raie de fréquence 675 $cm^{-1}$ correspondant à une vibration totalement symétrique de l'ion $S_2O_3$ est d'une largeur anormale pour une raie de ce type.

Quoique les fréquences observées soient très voisines de celles que l'on observe avec l'ion $SO_4$, la présence dans le spectre d'un nombre de raies supérieur à 6 permet d'émettre quelques doutes sur la symétrie ternaire attribuée jusqu'ici à l'ion $S_2O_3$ ([2]).

Une étude plus détaillée des spectres présentés plus haut et des renseignements qu'on peut en tirer sur la structure des thiosulfates sera publiée ultérieurement.

SPECTROSCOPIE. — *Sur de nouvelles raies des séries secondaires du spectre du potassium et l'existence probable de perturbations dans les termes élevés de ces deux séries.* Note (*) de Mme **Antoinette de Vaucouleurs** et M. **Louis Glaser**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude d'un cliché pris à l'aide d'un spectrographe à deux prismes de flint ($f/4,5$), construit par l'un de nous, donnant une dispersion de 26 Å/mm vers 4750 Å environ (lampe Osram, plaque Ilford, pose 1 heure), a permis l'identification de nouveaux doublets de KI dans les deux séries secondaires.

Les longueurs d'onde ont été déterminées à l'aide de la formule de Hartmann, avec les corrections usuelles, par rapport aux raies déjà mesurées par S. Datta ([1]), auxquelles se réfèrent les Ouvrages récents ([2]), ([3]).

Ces mesures allaient jusqu'à la transition $4\,^2P_{3/2,\,1/2} - 11\,^2D_{5/2,\,3/2}$, pour la série D, et $4\,^2P_{3/2,\,1/2} - 13\,^2S_{1/2}$, pour la série S.

Les doublets nouvellement mesurés sont les suivants :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 4P — 12D... | 4722,84 | 4709,99 | 4P — 15D... | 4658,73 | 4646,22 |
| — 13D... | 4696,18 | 4683,47 | — 16D... | 4645,26 | 4632,83 |
| — 14D... | 4675,34 | 4662,74 | 4P — 14S... | 4720,16 | 4707,32 |

Les calculs ont conduit de plus à la détermination précise :

1° De la limite commune aux deux séries

$$A_{(\text{vide})} = 21\,993,53 \pm 0,06 \text{ (e. p.) } cm^{-1};$$

([2]) Mme R. Duval et M.-J. Lecomte, *ibid.*, 213, 1941, p. 998.

(*) Séance du 23 mai 1949.

([1]) *Proc. Roy. Soc.*, A, 99, 1921, p. 69.

([2]) R. F. Bacher et S. Goudsmit, *Atomic Energy States*, 1932, p. 245.

([3]) G. R. Harrison, M. I. T., *Wave-Length Tables*, New-York, 1939.

2° De l'écart des doublets

$$\Delta\nu = 57,79 \pm 0,08 \text{ (e. p.) cm}^{-1}.$$

Les écarts des deux derniers doublets (série D) mesurés par S. Datta s'écartant de 2 à 3 $cm^{-1}$ de la moyenne, nous indiquons ci-après nos propres valeurs,

4P — 10D : 4804,76, 4791,46; 4P — 11D : 4757,73, 4744,69.

Une représentation convenable des doublets des deux séries n'a pu être obtenue avec une formule de Ritz, encore moins avec une formule de Rydberg. On a d'abord été conduit à adopter la formule suivante, relative aux raies moyennes,

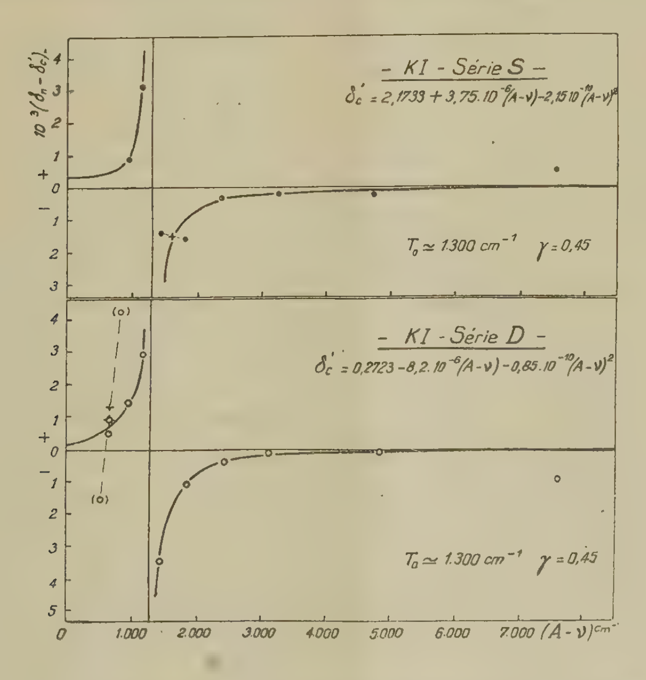
$$(1) \qquad \bar{\nu} = A - \frac{R}{(n - \delta'_c)^2} \qquad \text{avec} \quad \delta'_c = \delta_0 + \alpha(A - \bar{\nu}) + \beta(A - \bar{\nu})^2$$

(A, limite commune aux deux séries; $R_K = 109\,735,92$ $cm^{-1}$).

Néanmoins les écarts par rapport à cette formule font apparaître (*voir* figure) la nécessité d'un quatrième terme d'allure hyperbolique, dans l'expression du défaut quantique $\delta'_c$ qui deviendrait alors

$$(2) \qquad \delta_c = \delta_0 + \alpha(A - \bar{\nu}) + \beta(A - \bar{\nu})^2 + \frac{\gamma}{T_0 - T_n},$$

en adoptant une relation analogue à celle qui convient généralement pour les perturbations des atomes à plusieurs électrons lumineux. La figure ci-jointe




donne pour les deux séries diffuse (D) et étroite (S), la différence $\delta_n - \delta'_c$ en fonction de $(A - \nu)$. Les deux courbes conduisent sensiblement à une même

valeur du terme perturbateur, soit $T_0 = 1300 \pm 50\,\mathrm{cm}^{-1}$, ainsi qu'à celle de $\gamma = 0,45$.

Avec la formule (2) pour l'expression du défaut quantique nous obtenons, pour l'ensemble des raies mesurées par S. Datta et nous-mêmes (série D : $n = 4$ à 16; série S : $n = 6$ à 14), un écart moyen, par rapport aux longueurs d'onde observées, de 0,42 Å pour la série D (ou en rejetant deux valeurs aberrantes : 0,16 Å) et 0,17 Å pour la série S.

Jusqu'à présent il ne semble pas que l'existence de perturbations dans les séries des termes des atomes à un seul électron lumineux ait été considérée comme possible par les théoriciens, et leur présence ne paraît pas avoir été remarquée par les expérimentateurs (¹).

De nouvelles mesures, avec une plus grande dispersion, sur le potassium et les alcalins supérieurs seront prochainement entreprises en vue de confirmer et préciser ces premiers résultats.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur un dispositif de mesure de l'effet Kerr par impulsions électriques isolées.* Note (*) de M. **Henri Benoit**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude de l'effet Kerr dans les solutions colloïdales ou macromoléculaires soumises à un champ alternatif ou continu présente de sérieuses difficultés quand le milieu est conducteur, ce qui est fréquemment le cas. Pour éviter cet inconvénient, nous avons réalisé un dispositif tel que la solution soit soumise à un champ électrique constant pendant un temps suffisamment court pour que les perturbations dues à l'effet Joule soient négligeables.

Sous l'influence de ce champ le milieu acquiert une biréfringence $\Delta n$; mais son apparition et sa disparition ne sont pas instantanées. L'étude de la grandeur et de la variation de $\Delta n$ en fonction du temps permet non seulement de mesurer la constante de Kerr, mais aussi, comme nous le verrons plus tard, de déterminer la grandeur de la constante de diffusion brownienne de rotation des particules et de déceler si celles-ci portent ou non un moment permanent.

*Réalisation du dispositif.* — La cuve de Kerr étant placée entre nicols croisés, la biréfringence provoque l'apparition de la lumière. Le faisceau transmis est reçu par une cellule photoélectrique, dont le courant, amplifié, est enregistré par un oscillographe cathodique à deux faisceaux, ce qui permet de photographier simultanément la tension aux bornes de la cuve de Kerr et la réponse de la cellule photoélectrique.

Les électrodes sont constituées par deux lames épaisses en acier inoxydable,

(¹) A. G. Shenstone et H. N. Russell, *Phys. Rev.*, 39, 1932, p. 415.

(*) Séance du 23 mai 1949.

optiquement planes, et séparées par un intervalle pouvant varier entre 0,2 et $3^{mm}$. La longueur des électrodes est de $10^{cm}$.

Pour obtenir des impulsions de tension comprises entre 0 et 2 kilovolts, on utilise un interrupteur à électrodes en cuivre recuit fonctionnant dans le vide. Cette précaution élimine les étincelles et la durée d'établissement et de rupture du contact est de l'ordre de $10^{-6}$ seconde. L'interrupteur est commandé par un moteur et fournit une impulsion dont la durée, que l'on peut modifier, est supérieure à $10^{-3}$ seconde.

Le moteur commande en même temps la polarisation du Wenhelt de l'oscillographe. Au repos les faisceaux sont éteints et ils ne s'allument que pendant un cours laps de temps encadrant l'impulsion de tension aux bornes de la cuve. Cela permet de photographier commodément les deux courbes qui apparaissent sur l'écran et qui correspondent à l'impulsion unique de l'expérience. La cellule photoélectrique est une cellule multiplicatrice d'électrons (R. C. A. 1 P 28). Son courant anodique est amplifié par un amplificateur symétrique à courant continu et à un étage. La sortie de l'amplificateur qui a une large bande passante est reliée directement aux bornes de l'oscillographe. L'ensemble est réalisé de façon à transmettre sans les déformer des variations rapides d'intensité lumineuse.

*Mesure de la constante de Kerr et du temps de relaxation.* — L'amplitude $\delta$ du déplacement vertical du spot (perpendiculairement à la direction de balayage) est liée à la biréfringence $\Delta n$ du milieu par la relation

$$\delta = \mathrm{K} \sin^2 \pi \frac{l\,\Delta n}{\lambda},$$

K étant une constante dépendant de l'intensité de la source lumineuse et du facteur d'amplification des circuits; $l$ la longueur des électrodes et $\lambda$, la longueur d'onde moyenne de la lumière utilisée. Pour étalonner l'appareil on mesure K par le procédé suivant : on interrompt périodiquement le faisceau lumineux au moyen d'un disque tournant. La déviation $\delta'$ du spot de l'oscillographe est liée à l'angle $\alpha$ dont on a fait tourner le nicol analyseur à partir de sa position d'extinction par la relation :

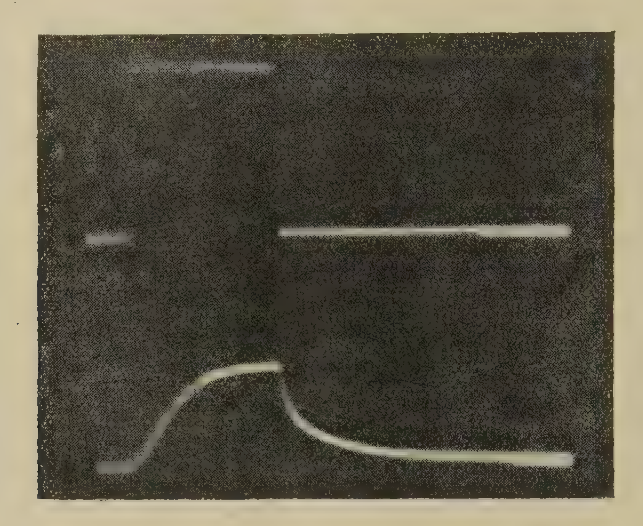
$$\delta' = \mathrm{K} \sin^2 \alpha,$$

ce qui permet de mesurer K.

Cette installation permet de mesurer des biréfringences correspondant à des différences de chemin optique de $5.10^{-4}$ seconde et des temps de relaxation dont la limite inférieure est $5.10^{-5}$ seconde.

La photographie ci-après représente le résultat obtenu avec une solution d'acide thymonucléique à 0,025 %. Le champ électrique, dont la variation au cours du temps est représentée par la courbe supérieure, est de l'ordre de 200 volts/cm. La courbe de réponse (partie inférieure du cliché), montre que

les particules provoquant la biréfringence ont un temps de relaxation considérable (temps de balayage, 0,04 seconde).



Nous montrerons, dans une prochaine Note, comment, à partir d'une telle courbe, on peut calculer la constante de diffusion de rotation des particules et déterminer si ces dernières portent un moment dipolaire permanent.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Obtention de germes cristallins orientés par le champ magnétique. Sulfates de la série magnésienne.* Note de M. **Jean Blandin**, présentée par M. Aimé Cotton.

En faisant cristalliser sur une lame de verre sous l'action d'un champ magnétique des solutions de concentration convenable, j'ai obtenu des germes cristallins orientés; les préparations fournissent par leur examen au microscope polarisant des renseignements concernant les ellipsoïdes optique et magnétique des cristaux étudiés.

Les corps que j'ai traités par ce procédé m'ont fourni des germes cristallins orientés dans un champ magnétique horizontal de 15000 gauss. C'est le cas, par exemple, des corps suivants : acide tartrique, tartrates de potassium, sodium, ammonium, sel de Seignette, phosphates monoammonique et monopotassique, nitrates de sodium, potassium et d'argent, chromate et ferricyanure de potassium, bicarbonate de sodium, naphtalène, acide picrique, etc. J'ai étudié par cette méthode l'action du champ magnétique sur les sulfates simples et doubles de la série magnésienne.

Considérons d'abord les sulfates orthorhombiques du type $SO_4M, 7H_2O$, où $M = Mg$, Zn, Ni. Par orientation dans le champ, on obtient des préparations du type de la figure 1. Les cristaux obtenus pour les trois sulfates sont allongés dans une direction perpendiculaire au champ magnétique. Ils

s'éteignent, entre nicols croisés, lorsque la direction du champ, ou la direction de leur plus grande longueur coïncide avec la direction de la vibration lumineuse provenant du polariseur. En conclusion, les trois sulfates ont leur axe de plus grande perméabilité magnétique perpendiculaire à leur direction de plus grande croissance.

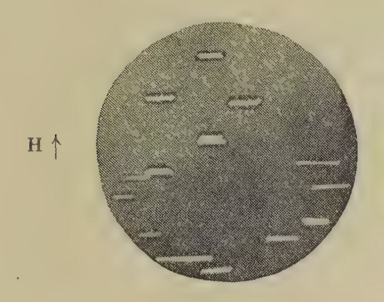



Fig. 1.

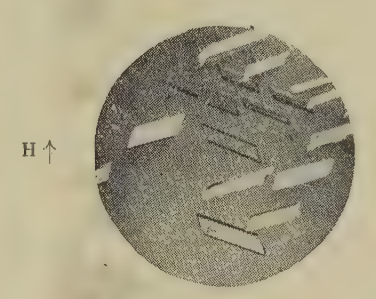



Fig. 2.

Considérons maintenant un cristal de symétrie moins élevée :

La figure 2 représente une préparation de sulfate de cuivre traitée par le procédé ci-dessus. On remarque qu'il existe *deux* directions de cristaux orientés (dont l'une est à l'extinction sur la figure) qui coïncideraient par une rotation de 180° autour d'un axe parallèle au champ magnétique. Ce fait qui a été aussi remarqué pour des cristaux monocliniques, s'explique par une double orientation des cristaux : d'abord une orientation due au champ magnétique, qui place le cristal de manière à ce que l'axe de plus grande perméabilité magnétique, qui pour les monocliniques ne coïncide pas nécessairement avec l'axe binaire du cristal, soit parallèle aux lignes de force, le cristal pouvant occuper une position quelconque autour de cet axe, et ensuite une seconde orientation due à la lame de verre (1) qui attire l'une des faces, ou la face opposée, du cristal de préférence aux autres, d'où la double orientation observée. La direction du champ magnétique est à la fois bissectrice de l'angle formé par deux arêtes de cristal de même nature, et de l'angle formé par deux directions d'extinction.

Si nous appelons $2\alpha$ l'angle que font entre elles les deux directions d'extinction (la bissectrice intérieure de cet angle aigu étant, dans mes mesures, perpendiculaires à la vibration issue du polariseur) et si nous prenons comme axe la direction du champ magnétique H, les lignes neutres des deux directions feront avec la direction de H les angles $\beta$ et $\beta'$ tels que

$$\beta = 90^\circ - \alpha, \qquad \beta' = 90^\circ + \alpha.$$

---

(1) M. Trillat, *Ann. de Phys.*, 6e série, 6, juillet-août 1926, p. 30.

L'angle aigu β, donc l'angle mesuré 2α est caractéristique de chaque cristal tri- ou monoclinique étudié.

Voici les valeurs de ces angles pour quelques corps et pour les sulfates doubles d'ammonium et de potassium de la série magnésienne du type $A_2M(SO_4)_2$, $6\,OH_2$ où $A = NH_4$ et K et M = Mg, Cu, Fe, Co, Ni, Zn, Mn.

| Corps. | 2α. | β. | Corps. | 2α. | β. |
|---|---|---|---|---|---|
| Sulfate de cuivre | 66° | 57° | Acétate de cuivre | 17° | 81°30′ |
| Sulfate ferreux | 18 | 81 | Ferrocyanure de K | 46 | 67 |
| $(NH_4)_2M(SO_4)_2$, $6\,OH_2$ | | | $K_2M(SO_4)_2$, $6\,OH_2$ | | |
| M = Mg | 0 | 90 | M = Mg | 40 | 70 |
| Cu | 60 | 60 | Cu | 0 | 90 |
| Fe | 90 | 45 | Fe | 0 | 90 |
| Co | 78 | 51 | Co | 50 | 65 |
| Ni | 28 | 76 | Ni | 34 | 73 |
| Zn | 14 | 83 | Zn | 16 | 82 |
| Mn | 42 | 69 | | | |

Les sulfates doubles d'ammonium et de magnésium, potassium et cuivre, potassium et fer sont discernables facilement au microscope, les préparations orientées étant différentes.

Le procédé ci-dessus permet donc d'identifier les sulfates doubles ou les cristaux mono- et tricliniques par la connaissance de l'angle aigu β. De plus, un corps présentant deux directions d'extinction appartient aux systèmes mono- ou triclinique, mais un corps cristallisant dans les systèmes mono- ou triclinique n'admet pas forcément deux directions d'extinction distinctes.

## RAYONS X. — *Remarques sur les* raies blanches *d'absorption* K *et* L.

Note de M^lle **Yvette Cauchois**, présentée par M. Jean Cabannes.

Lorsqu'une discontinuité X est immédiatement suivie, vers les grandes énergies, d'un maximum d'absorption très prononcé, le spectre photographié montre une raie blanche (RB). Accolée à la discontinuité, dissymétriquement élargie vers les grandes fréquences, beaucoup plus étroite et plus accentuée que les bandes d'intensité minima qui apparaissent comme structures d'absorption, elle indique, pour le niveau interne en jeu, la possibilité de transition, avec une forte probabilité, vers une bande à grande densité d'états inoccupés. Les études expérimentales apportent des informations sur l'existence ou la non-existence de telles bandes, leur caractère, leur position, leur largeur et la distribution de leurs états. Il faut en tenir compte dans le développement des théories du solide ou de la valence, en particulier, ainsi que pour l'application de ces théories à la spectroscopie X fine [1].

---

[1] Pour la bibliographie, on se reportera à Yvette Cauchois, *Les spectres de rayons* X *et la structure électronique de la matière* (*Conférences-rapports sur les recherches récentes en physique*, vol. 5, 1948).

Les spectres K des métaux Fe, Co, Ni, Cu ont été bien étudiés et interprétés; la discontinuité tombe en plusieurs temps; il n'y a pas de raie blanche. *En général*, leurs oxydes et leurs sels donnent une chute d'intensité plus régulière et plus abrupte, et la discontinuité localisée au comparateur est déplacée vers les grandes fréquences par rapport au métal pur, d'autant plus que la valence est plus élevée. Une raie blanche apparaît dans presque tous les cas examinés, indiquant la présence d'une bande d'états virtuels à caractère *p*; elle persiste avec les composés solubles en solutions aqueuses et alcooliques. Cependant le sulfure naturel de nickel (millérite) et l'arséniure naturel de nickel (nickelite), ne donnent pas de RB sur l'absorption K de Ni, tandis que le sulfure artificiel, NiS, dont la structure cristalline est analogue à celle de NiAs, montre une RB très prononcée. Les structures, même lointaines d'ailleurs, ne sont pas seulement liées à la structure cristalline. Les spectres K de Ni et de As, dans NiAs, diffèrent entre eux : il se forme une RB sur la discontinuité K de As, plus accentuée que pour l'élément pur.

Le sulfure cuivreux naturel (chalcocite) ne donne pas non plus de RB sur Cu absorption K. Avec $Cu_2O$ (oxydule rouge), un minimum étroit suit une chute d'intensité complexe, sans produire nettement l'aspect significatif d'une raie blanche. Dans le cas des composés cuivreux, on n'observe pas de déplacement de la discontinuité par rapport au métal.

On sait que les discontinuités K de Zn, puis des éléments suivants jusqu'au krypton, à l'état solide (et le gallium liquide) s'accompagnent de RB dues aux états $4p$ inoccupés. L'amplitude du maximum d'absorption semble beaucoup plus forte pour Ga que pour Zn; la largeur de la RB et son contraste diminuent à partir de Ga, lorsque le numéro atomique augmente. Tous les composés étudiés ont aussi donné des raies blanches, généralement plus nettes qu'avec l'élément. Nous avons observé une influence de l'état allotropique à l'aide de divers échantillons de Se; celle de la fusion sur Ga (²). Le Rb métallique à 15° de son PF, n'a pas indiqué de RB; le déplacement de la discontinuité serait très faible lorsque l'on passe au chlorure, mais il se formerait un minimum; il y a fort peu de structures avec les sels de rubidium. Sr et Y n'ont pas été employés à l'état métallique; leurs composés donnent des raies blanches K.

Les métaux suivants jusqu'au Pd semblent donner une chute d'intensité K en deux temps, sans RB. Nous avons vérifié qu'il en est ainsi pour Zr et Mo : une première discontinuité s'accompagne sur le spectre d'une décroissance secondaire faible, plus large, aboutissant à un minimum d'intensité peu marqué. Les métaux plus lourds devraient être réexaminés à grande dispersion. Les terres rares n'ont pu être préparées sous forme d'écrans métalliques; les sels étudiés se comportent comme les sels, isomorphes, d'yttrium. Les métaux

---

(²) M^lle M. VIDAL, Diplôme d'études supérieures, Paris, 1949.

de transition du 3e groupe n'ont pas laissé observer de RB, ni sur K, ni sur $L_I$; mais on en observe sur $L_{II}$ et $L_{III}$ (états *p*), comme il fallait s'y attendre, vu la grande probabilité de transition vers la partie inoccupée de la bande 5d, dense. L'analyse des spectres K des éléments plus lourds serait à reprendre.

Nous avons fait remarquer que, dans le cas du platine, la discontinuité $L_{III}$ s'accompagne d'un fort maximum d'absorption formant raie blanche; mais que ce maximum est beaucoup moins prononcé sur $L_{II}$, où la raie blanche est absente; cette différence indique la persistance du couplage spin-orbite pour la lacune 5*d* du platine métal. La différence entre $PtL_{II}$ et $L_{III}$ subsiste avec $PtCl_4$. Le palladium montre sans doute un comportement du même genre.

La comparaison des spectres de composés correspondants d'éléments homologues fait ressortir des différences intéressantes. En effet : Zn, Ga, Ge, As, Se donnent des RB sur K; mais on n'en a pas trouvé sur K de Cd, In, Sn, Sb, Te; ni sur $L_I$ de Hg, Tl, Pb, Bi. Un certain nombre de sels et les oxydes de Zr, Nb et Mo montrent une RB sur K; tandis qu'aucune RB n'est observable sur $L_I$ des composés analogues de Hf, Ta, W, ni sur ceux de Re. Il semble que la présence d'oxygène dans un composé favorise la formation du maximum d'absorption; nous citerons le cas des composés du Zr : les spectres K de $ZrO_2$, $ZrSiO_4$, $ZrOCl_2$ cristallisé avec 5 et avec $8H_2O$, ainsi qu'en solutions légèrement chlorhydriques concentrées ou diluées, montrent l'apparence de RB; mais $ZrCl_4$ fraîchement préparé ne la montre pas; avec le temps, ce sel s'oxyde et l'on obtient la RB. Pour Hf dans $HfOCl_2$ à $8H_2O$ ou en solutions, on obtient de belles raies blanches sur $L_{II}$ et $L_{III}$; mais seulement un minimum d'intensité formant une bande *grise* large, au voisinage de $L_I$.

La différenciation d'homologues tels que Zr et Hf, d'après les spectres K(1*s*) et $L_I$(2*s*) respectifs, dans des composés chimiquement inséparables, peut être attribuée à la présence des électrons 4*f*, très lâches, dans Hf.

Certains des faits rappelés ou signalés trouvent leur explication dans la théorie du solide, si l'on sait prévoir la perturbation des niveaux de l'atome considéré en fonction de la structure cristalline, de la nature et de la distance des atomes voisins, du type de liaison, etc., en tenant compte de la conductibilité et de la vie moyenne du photoélectron dans les états correspondants.

Toute discussion est impossible dans le cadre trop limité de cette Note.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude du spectre β et des rayonnements γ du* $^{76}As$. Note (*) de Mmes **Nadine Marty, Jeanne Labeyrigue** et **Hélène Langevin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le $^{75}As$ irradié en neutrons lents donne par une réaction $(n, \gamma)$ le $^{76}As$ de période 26,75 h. qui émet des électrons négatifs présentant un spectre complexe

(*) Séance du 16 mai 1949.

et plusieurs raies γ. Ce corps a été étudié par de nombreux auteurs, le dernier en date à en donner un exposé détaillé étant K. Siegbahn ([1]). Mais si l'accord semble réalisé sur l'énergie des photons : K. Siegbahn indique trois raies de 0,55, 1,2, 1,7 MeV, Miller et Curtiss ([2]) donnent les valeurs de 0,57, 1,25, 1,84, 2,15 (les deux dernières très faibles), Wu et Havens ([3]), 0,557, 1,22, 1,78 MeV, la forme du spectre complexe $\beta^-$ est moins bien établie.

C'est pourquoi nous avons repris l'étude du $^{76}$As avec le spectrographe magnétique à focalisation semi-circulaire, construit au laboratoire de Chimie nucléaire par N. Marty; muni de deux compteurs en coïncidences et d'un sas pour l'introduction rapide de la source, cet appareil utilisant des trajectoires de $12^{cm}$ de diamètre a un pouvoir de résolution de 1,3 % et un angle solide d'environ $8.10^{-3}$ stéradian. Les deux compteurs séparés par une feuille d'Al de $0^{\mu},5$ sont remplis du même mélange d'éthylène (25 %) et d'argon (75 %) sous une pression totale de $7^{cm}$ de Hg. Le premier compteur avait une fenêtre de formvar de 0,35 mg/cm² présentant un *cut off* à 5 keV, la région des basses énergies était étudiée avec un seul compteur à fenêtre de formvar de 0,1 mg/cm² de *cut off* 3 keV permettant l'étude sans déformation supérieure à 10 % du spectre jusqu'à 22 keV.

On irradiait au cyclotron du Collège de France 4 litres d'une solution de cacodylate de Na à 30 %. L'As actif séparé suivant la méthode de Starke ([4]) était réduit à l'état métallique par le réactif de Bougault puis évaporé rapidement en couche mince sur un support de formvar d'environ 0,1 mg/cm². Pour l'étude des rayons γ, l'As était placé d'après la méthode indiquée par Deutsch ([5]) dans une capsule de laiton d'épaisseur de paroi suffisante pour absorber tous les électrons, la détermination de l'énergie des γ était faite soit d'après l'énergie maximum des électrons Compton qu'ils projettent dans la paroi de la capsule, soit d'après l'énergie des photoélectrons formés dans un diffuseur de Pb ou d'U.

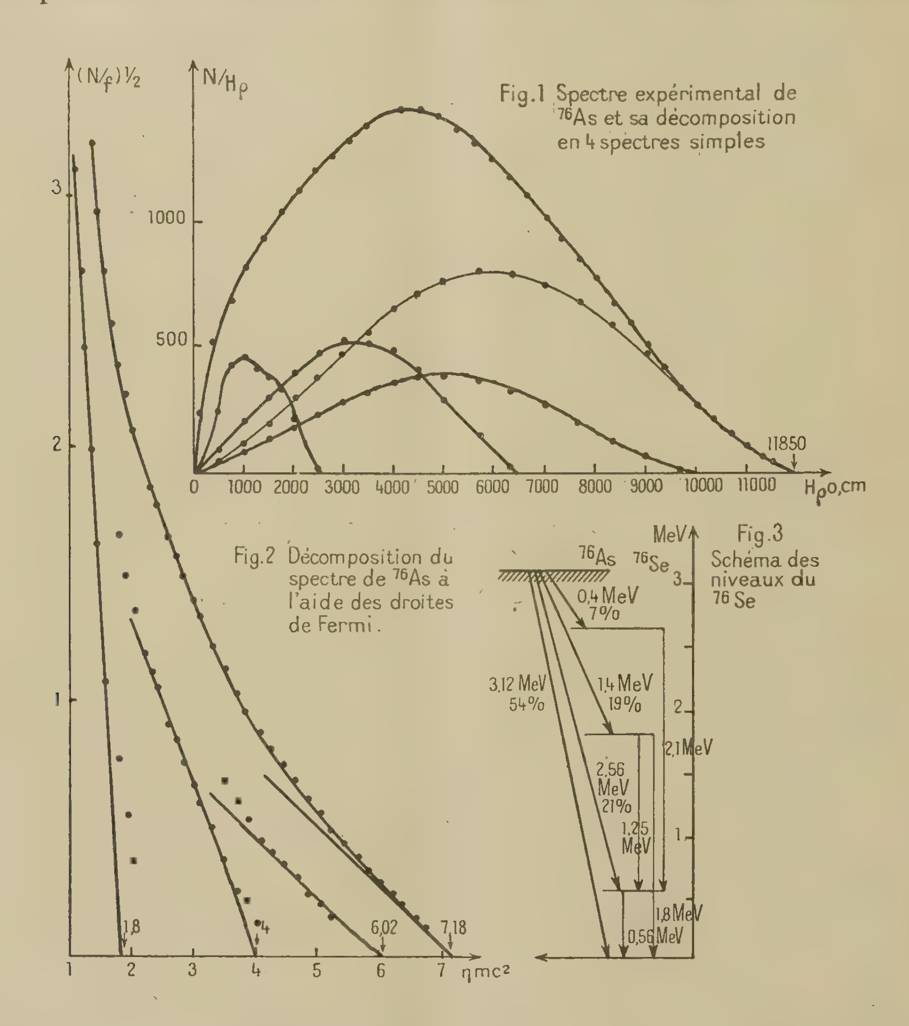
Les résultats obtenus ont été : pour la première raie $(567 \pm 10)$ keV par effet Compton, $(566 \pm 4)$ keV par effet photoélectrique avec un diffuseur d'U, $(568 \pm 4)$ keV avec un diffuseur de Pb. Pour la deuxième raie on a trouvé une énergie de $(1,250 \pm 0,005)$ MeV par effet photoélectrique. L'intensité de la source ne permettait pas la détection de raies plus faibles que la deuxième.

Le spectre des électrons négatifs (*fig.* 1) a une énergie maximum de 11850 H$\rho$ (3,08 MeV). Le tracé des droites de Fermi (*fig.* 2) effectué en utilisant les valeurs connues du rayonnement γ indique une énergie maximum

---

([1]) *Arkiv. für mat. Astr. Fysik*, 34 A, 1947, n° 7.
([2]) *P. R.*, 70, 1946, p. 983.
([3]) *Bull. Am. Phys. Soc.*, 23, 1948, n° 3, p. 56.
([4]) *Naturwiss.*, 28, 1940, p. 631.
([5]) *R. S. L.*, 15, 1944, p. 178.

de 3,15 MeV et montre l'existence de quatre spectres d'énergie maximum 3,15, 2,56, 1,5, 0,4 MeV et d'intensités relatives 54 %, 21 %, 19 %, 7 %, ce qui justifie pour le $^{76}$Se un schéma de niveau (*fig.* 3); ceci est en bon accord avec




les résultats obtenus pour les rayonnements γ, la raie de 2,1 MeV semblant cependant plus intense qu'elle n'a été indiquée; ceci peut être dû à une imprécision croissante dans la détermination des intensités des spectres composants, quand leur énergie maximum diminue. Une étude plus approfondie de la région de 1000 à 2000 Hρ ne nous a pas permis de mettre en évidence des raies de conversion indiquées comme possibles par certains auteurs. D'autre part, nous n'avons pu détecter d'électrons positifs signalés précédemment ([6]), s'ils existent, leur nombre est inférieur à 0,5 % de celui des électrons négatifs.

---

([6]) Harteck et Schæffer, *Zeit. f. Physik*, 109, 1937, p. 477; 113, 1939, p. 287.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur une nouvelle méthode d'étude dans la plaque photographique des désintégrations produisant deux particules ionisantes.* Note (*) de M. **Raymond Chastel**, présentée par M. Frédéric Joliot

Les désintégrations produisant deux particules ionisantes lourdes (bipartitions) donnent dans l'émulsion photographique deux traces partant en sens inverse, et il n'est en général pas possible de voir directement le point origine de la désintégration. En laissant s'effacer l'image latente il est possible d'obtenir une lacune au point de désintégration ([1]).

La méthode décrite ici permet aussi d'obtenir les parcours des deux particules émises; elle repose sur le raisonnement suivant : si l'on fixe son attention sur les traces qui atteignent le verre de la plaque photographique, les trajectoires de longueur minima seront celles produites par des noyaux se désintégrant à la limite de l'émulsion, contre le verre.

Il y a deux possibilités; on peut avoir dans l'émulsion soit la trace de la particule A soit la trace de la particule B (*fig.* 1). En portant la statistique des

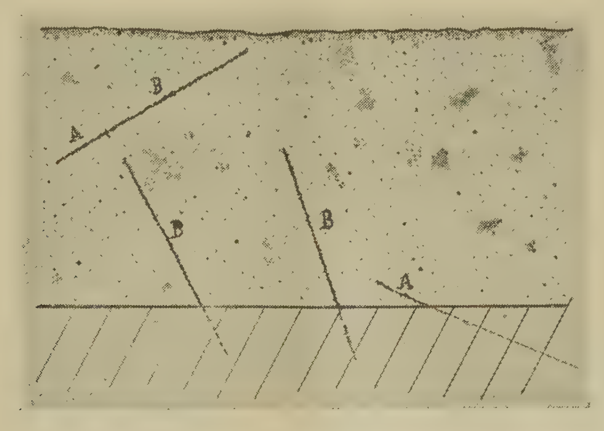



Fig. 1.

longueurs des trajectoires atteignant le verre, on peut s'attendre à ce que la distribution des longueurs soit limitée par la longueur de la trajectoire du fragment le plus lourd d'une part, et la somme des parcours des deux particules d'autre part. C'est ce qui a été vérifié expérimentalement dans le cas de la réaction ${}^{6}_{3}\mathrm{Li}({}^{1}_{0}n,\ {}^{3}_{1}\mathrm{H})\,{}^{4}_{2}\mathrm{He}$.

En ajustant une courbe de Galton ([2]) à la limite de la trajectoire courte (He), on obtient le parcours le plus probable et la fluctuation expérimentale des

(*) Séance du 23 mai 1949.

([1]) H. Faraggi, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 527.

([2]) En utilisant du papier à probabilité dessiné par L. Vigneron.

trajectoires $\alpha$. Théoriquement il serait possible d'obtenir directement sur la statistique le parcours du noyau H et la fluctuation propre, mais avec la faible épaisseur de l'émulsion utilisée ($33^{\mu}$), à partir d'une certaine longueur les trajectoires n'apparaissent plus avec leur probabilité théorique. Toutefois la limite supérieure de la distribution correspond bien au parcours total des deux trajectoires obtenu par mesure des trajectoires entièrement contenues dans l'émulsion (courbe B, *fig.* 2). Le parcours de ${}^{3}_{1}H$ est obtenu par différence.

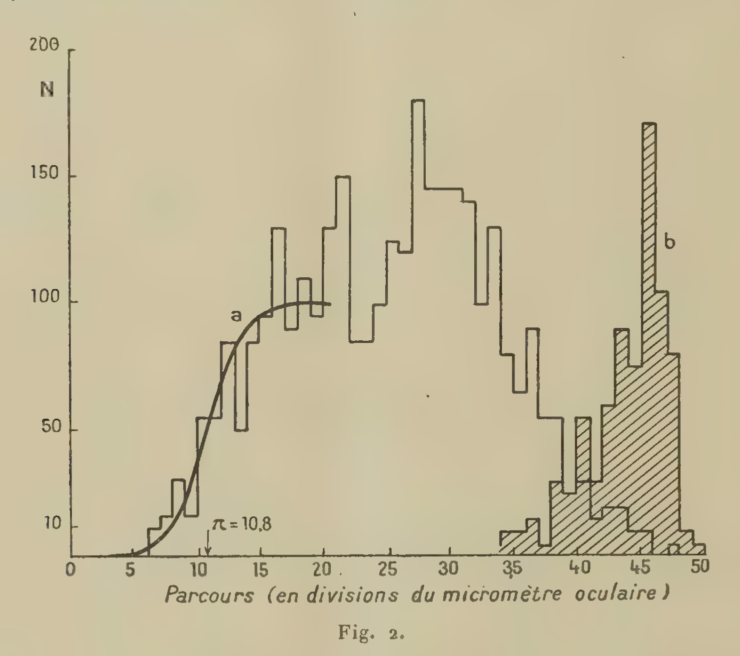



Fig. 2.

Utilisant des plaques Ilford $G_2$ émulsion Z 1147 chargée de lithium, irradiée aux neutrons lents (derrière $10^{cm}$ de paraffine) produits par le cyclotron du Collège de France (cible de lithium), les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant, à la deuxième et la troisième ligne figurent les résultats obtenus par d'autres auteurs.

| | ${}^{4}_{2}H.$ | ${}^{3}_{1}H.$ | ${}^{1}_{1}H.$ |
|---|---|---|---|
| Parcours en $\mu$ .................... | 10,4±1,4 | 33,6±1,5 | 11,2 ±0,5 |
| Faraggi ........................ | 8,2±0,2 | 34,8±0,2 | 11,60±0,06 |
| Bøggild et Minnhagen (³) .......... | 6,4 | 38,7 | 12,9 |
| Fluctuations (1/2 larg.) ............ | 5,8$\mu$ | – | – |
| Énergie (en Mev) ................ | 1,997 | 2,663 | 0,887 |

Le parcours obtenu pour le parcours de la particule $\alpha$ paraît peu grand

(³) *Phy. Rev.*, 75, 1949, p. 782. Parcours obtenus en utilisant les valeurs 1635 et 1550 pour les pouvoirs d'arrêt de l'émulsion pour les $\alpha$ et les protons (⁴).

(10 % environ) par rapport à la courbe parcours-énergie [4] [5] même tenant compte de la modification de pouvoir d'arrêt de l'émulsion résultant de l'incorporation du lithium. Une détermination directe de ce facteur de correction est en cours.

La détermination de la longueur des trajectoires faisant intervenir dans ce cas les mesures de cotes parallèles à l'axe du microscope et le facteur de contraction de l'émulsion par fixage; l'écart observé peut très bien s'expliquer par l'imprécision sur ces deux facteurs.

La précision de la méthode est susceptible d'améliorations, et elle peut être appliquée dans d'autres appareils de détection de particules : chambre d'ionisation à amplificateur proportionnel par exemple. Ainsi la mesure de l'amplitude minima des impulsions de compteurs à $BF_3$ pourrait donner le parcours des noyaux de lithium de la réaction $^{10}B(n, \alpha)^7 Li$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Remarques sur la définition d'un système chimique à l'aide d'équations stœchiométriques.* Note de M. **André Peneloux**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous développons ici quelques remarques qui permettent d'aborder commodément l'étude de certains systèmes chimiques complexes, en offrant la possibilité d'un choix rapide des équations stœchiométriques susceptibles de le représenter.

Soit donc un ensemble de constituants évoluant vers un équilibre thermodynamique qui peut être considéré défini par un système de $n$ équations stœchiométriques indépendantes (1), dans lequel figurent les $p$ constituants $M_1, \ldots, M_p$

$$(1) \qquad \left\{ \begin{array}{l} a_{11}M_1 + \ldots + a_{1p}M_p = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ a_{n1}M_1 + \ldots + a_{np}M_p = 0. \end{array} \right.$$

Les coefficients stœchiométriques d'une même équation sont liés par un système de corélations linéaires homogènes indépendantes, que nous appellerons (2).

Si nous sommes en présence des $q$ éléments $E_1, \ldots, E_q$, et si nous notons comme suit la formule chimique des $p$ constituants :

$$(E_1)_{k_{11}} \ldots (E_q)_{k_{1q}}, \quad \ldots, \quad (E_1)_{k_{p1}} \ldots (E_q)_{k_{pq}},$$

il est facile de voir que $c$ est le rang du tableau

$$(3) \qquad \left\| \begin{array}{ccc} k_{11} & \ldots & k_{1q} \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ k_{p1} & \ldots & k_{pq} \end{array} \right\|.$$

---

(4) Tsien San-Tsiang, R. Chastel, H. Faraggi et L. Vigneron, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 571.

(5) C.-M.G. Lattes, P.-H. Fowler et P. Cuer, *Proc. Phys. Soc.*, 59, 1947, p. 883.

R. Defay ([1]) a montré que grâce à (1) on peut décrire toute variation des masses totales des $p$ constituants considérés au cours d'une évolution quelconque. Ceci implique que le système d'équations (4)

$$(4) \qquad \begin{cases} a_{11}x_1 + \ldots + a_{n1}x_1 = y_1, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ a_{1p}x_1 + \ldots + a^{du}x_n = y_p \end{cases}$$

admette une solution en $x$. Les nombres $y$ représentent la variation du nombre de molécules de chaque constituant au cours du passage d'un état quelconque à un état d'équilibre quelconque. Il existe une infinité de systèmes non proportionnels de valeurs $y_1, \ldots, y_p$, et par suite une infinité de systèmes non proportionnels $x_1, \ldots, x_n$. Les valeurs $y_1, \ldots, y_p$ sont astreintes à la seule condition d'être liées, comme les coefficients stœchiométriques d'une même équation, par le système de relations linéaires homogènes (2). Si l'équilibre vers lequel on tend était, dans le domaine de température et de pression considéré, un équilibre métastable tel que pour toute transformation autour de cet équilibre, la masse de certains constituants $M_j$, au nombre de $c'$, reste constante, il faudrait adjoindre au système (2) des conditions du type

$$y_j = 0.$$

Ceci entraînerait que l'équation

$$a_{1j}x_1 + \ldots + a_{nj}x_n = 0$$

soit une identité en $x$, c'est-à-dire que

$$a_{1j} = \ldots = a_{nj} = 0.$$

On voit ainsi que $M_j$ ne saurait figurer dans (1). Un tel constituant, qui est susceptible de subsister sous une concentration quelconque, doit être considéré comme un constituant indépendant *a priori*.

Le système d'équations (4) de $p$ équations à $n$ inconnues dont les coefficients correspondants sont liés par $c$ relations linéaires homogènes devant avoir une solution, on a

$$c = p - n.$$

Alors que le nombre total des constituants indépendants est

$$(p + c') - n = c + c'.$$

On retrouve ainsi le critère de Brinkley ([2]), ([3]) sous une forme qui le rend équivalent au critère de Jouguet ([4]). Ce premier critère, qui permet la déter-

---

([1]) *L'Affinité*, 2e partie. Paris, 1931, p. 102.

([2]) Stuart et R. Brinkley Jr, *J. of chemical Physics*, 14, 1946, p. 563.

([3]) I. Prigogine et R. Defay, *J. of chemical Physics*, 15, 1947, p. 614.

([4]) I. Prigogine et R. Defay, *Thermodynamique chimique*, 2, p. 375.

mination du nombre des réactions indépendantes sans en avoir écrit aucune, peut être dans certains cas, préférable au second, qui suppose, à défaut de la connaissance des réactions qui s'effectuent réellement dans le système chimique, l'écriture de toutes celles qui y sont possibles.

La considération purement mathématique du système d'équations (4) permet de vérifier les deux propriétés suivantes :

Tout groupe de $c$ constituants indépendants doit être tel que le tableau du type (3) qui lui correspond soit de rang $c$.

Toute évolution du système chimique peut être décrite à l'aide des vitesses de $n$ réactions indépendantes, ou à l'aide des vitesses de formation de $n$ constituants tels que les autres forment un groupe de $c$ constituants indépendants.

Ces remarques nous ont été utiles dans l'étude de la décomposition des nitrites [5] qu'elles nous ont permis d'aborder d'une façon commode.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Étude cinétique théorique de la réaction d'un gaz sur un solide dans lequel il diffuse*. Note (*) de M. **Jean-Michel Dunoyer**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous considérons ici le cas d'une substance solide pulvérulente placée au sein d'un gaz susceptible d'entrer en réaction avec le solide dans les conditions de l'expérience.

Dans les conditions expérimentales les plus habituelles, c'est-à-dire lorsque la poudre est dans une nacelle placée dans une enceinte où circule le gaz, l'influence de la diffusion du gaz dans le solide se fait sentir de deux façons : par la diffusion du gaz à l'intérieur des grains et par la diffusion du gaz à travers la masse de la poudre. Ce deuxième facteur se trouve éliminé si l'on considère une substance constituée de grains très fins en suspension au sein du gaz comme cela se produit dans le cas des fumées ou des nuages de poussières très ténues. C'est ce cas que nous traitons ici.

On suppose essentiellement dans le calcul que la réaction entre le gaz et le solide est simple, correspondant au schéma $A + B \rightarrow C$, c'est-à-dire qu'il n'y a ni action catalytique en jeu, ni réaction d'opposition ni réaction simultanée du produit de la réaction avec le gaz. On supposera également que la concentration du gaz baignant les grains solides est maintenue constante et qu'il y a toujours un grand excès de gaz.

*Influence de la diffusion.* — Nous supposons : 1° que les produits de la réaction ne changent pas le coefficient de diffusion du gaz dans des grains assez perméables au gaz tels que ceux obtenus lors de la décomposition d'une

(5) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 473.

(*) Séance du 23 mai 1949.

substance solide par la chaleur; 2° qu'à l'intérieur du grain, la vitesse de réaction en un point est proportionnelle à la concentration $u$ du gaz en ce point. On a alors en un point à l'instant $t$

$$dn = -Hnu\,dt,$$

$n$ étant le nombre de moles en A par unité de volume à l'intérieur du grain au point considéré et $u$ la concentration du gaz en ce point; par suite

$$n = n_0 e^{-H\int_0^t u\,dt},$$

$n_0$ étant la concentration initiale de A.

Soit maintenant $d$N le nombre de moles de A à l'instant $t$ dans une couche sphérique de volume $4\pi r^2\,dr$ à l'intérieur du grain, le grain étant supposé homogène; on a

$$dN = 4\pi r^2\,dr\,n = 4\pi n_0 r^2\,dr\,e^{-H\int_0^t u\,dt}.$$

Le nombre total de moles de A contenues dans l'ensemble du grain à l'instant $t$, est donc

$$N = 4\pi n_0 \int_0^R r^2 e^{-H\int_0^t u\,dt}\,dr.$$

Pour déterminer $u$ nous avons admis que le gaz diffusait au sein d'un grain suivant la loi classique de la diffusion de Fourier. En intégrant dans les conditions aux limites particulières fixées par ce problème, l'équation aux dérivées partielles de la diffusion et en faisant certaines approximations dont nous rendrons compte prochainement, on voit que le nombre N de moles existant dans un grain à un instant $t$ est donné par

$$N = \frac{4}{3}\pi n_0 R^3 e^{-Hu_0 t}\left[1 + \frac{Hu_0}{3a}\left(1 - e^{-\frac{3a}{R}t}\right)\right],$$

où $u_0$ est la concentration du gaz à l'extérieur du grain et $a$ le coefficient d'adsorption du gaz sur le grain. Le coefficient de diffusion du gaz dans le grain n'intervient que si l'on pousse plus loin l'approximation, qui donne alors pour N, en désignant par K le coefficient de diffusion

$$N = \frac{4}{3}\pi n_0 R^3 e^{-Hu_0 t}\left[1 + \frac{Hu_0}{3a}\left(1 + \frac{aR}{2K}\right)\left(1 - e^{\frac{-3at}{R\left(1+\frac{aR}{2K}\right)}}\right)\right],$$

Quelle que soit la formule utilisée on voit que lorsque le temps croît la quantité entre crochets tend vers 1. La courbe représentant la variation de log N en fonction de $t$ tend vers une droite de pente $-Hu_0$.

Nous montrerons dans une Note ultérieure que si les conditions expérimen-

tales satisfont aux hypothèses sur lesquelles est basé ce calcul, on obtient effectivement au bout d'un temps pas très long une variation linéaire du logarithme du nombre total de moles du solide A en fonction du temps.

CHIMIE MINÉRALE. — *Combinaisons du chlorure mercurique et de l'hydroxyde cuivrique.* (*) Note de M. **Jules Lamure**, présentée par M. Paul Pascal.

L'étude du système $Cl_2Hg—Cu(OH)_2—OH_2$ que nous avons faite à diverses températures entre 17° et 100° met seulement en évidence l'existence de deux combinaisons définies : $2Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$ et $Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$.

Le tableau ci-dessous indique la composition des phases solides pour les différentes valeurs du nombre $n$ de molécules de $Cl_2Hg$ mises dans l'eau en présence d'une molécule de $Cu(OH)_2$ aux températures comprises entre 17° et 50°.

| | |
|---|---|
| $n < 1/3$ .................... | $Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$ et hydroxyde en excès |
| $n = 1/3$ .................... | $Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$ |
| $1/3 < n < 2/3$ .............. | Mélange des deux sels |
| $n \geq 2/3$ .................... | $2Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$ |

Aux températures supérieures à 50° le sel $Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$ se forme seul quelles que soient les proportions des réactifs : la concentration initiale de la solution en $Cl_2Hg$ ne semblant pas avoir d'influence.

Les diagrammes de rayons X des différentes phases solides ne permettent pas d'identifier d'autres composés.

Les solutions étant toujours exemptes de composés du cuivre, il n'y a en aucun cas échange de métaux : l'hydroxyde fixe le chlorure mercurique.

Nous avons recherché s'il s'agit de simples produits d'addition ou de véritables combinaisons.

Le sel $2Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$ se présente en cristaux denses, relativement gros, anhydres et de teinte bleu turquoise. Il reste stable jusqu'à 180°; audessus de cette température les produits résultant de la décomposition sont uniquement le chlorure mercurique et l'hydroxyde cuivrique qui se déshydrate ensuite lentement. Les courbes de décomposition thermique soit à température constante, soit à température linéairement croissante tracées à la thermobalance de Chévenard, sont dès lors celles d'un mélange de $Cl_2Hg$ et de $Cu(OH)_2$ et ne mettent en évidence aucun composé intermédiaire.

Le sel $Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$, moins dense, de couleur vert clair, commence à se décomposer dès 140° et se comporte alors comme le précédent.

La solubilité des deux sels, très faible et voisine de $10^{-5}$ mol/l, permet

(*) Séance du 23 mai 1949.

cependant de constater (à côté d'une légère ionisation) que le mercure et le cuivre sont totalement masqués à leurs réactifs habituels, sauf à l'hydrogène sulfuré. Dans le but d'isoler les hydroxydes correspondants, nous avons traité par des quantités croissantes de soude N/1000 une masse connue de chacun des sels mis en suspension dans l'eau et avons suivi la décomposition, après chaque addition, par la variation du pH et l'analyse du filtrat; mais nous avons seulement obtenu un mélange de OHg et $Cu(OH)_2$. Par contre, en effectuant la même opération avec une solution tamponnée à pH 8,4-8,6 nous avons pu observer que :

1° le chlore est tout entier dans les anions;

2° dans le sel $2Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$, un atome de mercure sur deux passe en solution avec le chlore et constitue donc un groupe $[Cl_4Hg]^{--}$, mais qu'il n'en est pas de même dans l'autre sel;

3° les hydroxydes formés dans les deux cas ont même composition

$$[Hg.3Cu(OH)_2](OH)_2.$$

Tous ces caractères permettent de croire que ces sels sont des complexes.

Nous avons trouvé dans la mesure des susceptibilités magnétiques la confirmation de cette hypothèse.

| | $10^6.K_{M_{trouvé}}$. | $10^6.K_{M_{calculé}}$. | $10^6.K_{[Cu(OH)_2]_{calculé}}$. | Dissimulation magnétique de $Cu(OH)_2$. |
|---|---|---|---|---|
| $2Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$..... | +1853 | +3344 | +562,5 | 52% |
| $Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$...... | +2156 | +3427 | +691,0 | 41% |
| $Cu(OH)_2$.............. | +1170 | – | – | – |

La comparaison entre les valeurs trouvées et celles calculées par application de la règle d'additivité élimine la possibilité de produits d'addition entre le chlorure de mercure et l'hydroxyde de cuivre : le paramagnétisme de l'hydroxyde de cuivre y est fortement diminué.

On doit donc pouvoir considérer le sel $Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$ comme un oxychlorure mixte correspondant à $Cl_2Cu.3(CuOH)_2$ dans lequel l'atome central de cuivre est remplacé par un atome de mercure. La caractère complexe du sel, normal de cuivre ayant été maintes fois établi depuis Werner, on peut admettre que le sel mixte a une structure analogue : $Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$.

Quant au sel $2Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$ dans lequel l'hydroxyde de cuivre est magnétiquement plus dissimulé, il ne peut être envisagé comme un produit d'addition de $Cl_2Hg$ sur le sel vert et tout porte à le considérer comme le mercuritétrachlorure de l'hydroxyde mixte $[Hg.3Cu(OH)_2](OH)_2$ et à l'écrire $[Cl_4Hg][Hg.3Cu(OH)_2]$.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence de la répartition des imperfections de structure des cristaux de solution solide aluminium-zinc sur la cinétique de leur durcissement structural à 20°.* Note (*) de MM. **Paul Lacombe** et **Aurel Berghezan**, présentée par M. Albert Portevin.

Nous avons montré précédemment qu'au cours de la formation par écrouissage critique de gros cristaux soit d'aluminium pur [1], soit de solutions solides aluminium-zinc et aluminium-cuivre [2], certains cristaux étaient formés en réalité par l'assemblage de petits blocs cristallins très légèrement désorientés. Dans le cas de la solution solide aluminium-zinc, le simple polissage électrolytique permet de déceler les limites de ces blocs cristallins après une certaine durée de vieillissement à 20° nécessaire à la diffusion des atomes dissous.

Nous avons montré en outre [3] que l'apparition des contours intracristallins était provoquée par un léger écrouissage par traction des cristaux (3 % à 6 % par exemple) suivi d'un recuit dans le domaine de la solution solide et d'une trempe à l'air. C'est le mécanisme de la polygonisation suggéré par Orowan [4] et Cahn. Au contraire après un écrouissage élevé par laminage (90 % par exemple), le recuit entre 400 et 550° donne naissance à des cristaux ne présentant à aucun stade du vieillissement de contours intracristallins : c'est la recristallisation proprement dite [5].

L'objet de cette Note est de montrer que l'importance du durcissement structural diffère nettement sur échantillons polycristallins suivant qu'ils sont constitués par des cristaux polygonisés ou par des cristaux recristallisés. Le durcissement a été apprécié par mesure des propriétés mécaniques E, R et A % sur microéprouvettes tractionnées à la micromachine Chevenard après trempe soit à l'air soit à l'eau froide à 20°.

La figure 1 montre que le vieillissement à 20° d'un alliage à 8 % de zinc écroui de 90 % puis recuit 3 heures à 450° et trempé à l'eau s'accompagne d'une augmentation rapide de E et R comme Hérenguel et Chaudron l'ont déjà montré [6]. La trempe à l'air conduit à un durcissement final aussi important mais beaucoup moins rapide au début du vieillissement.

---

(*) Séance du 23 mai 1949.

(1) P. Lacombe et L. Beaujard, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 414.

(2) P. Lacombe et A. Berghezan, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2.152.

(3) P. Lacombe et A. Berghezan, *Physica*, Janvier 1949.

(4) Communication aux journées d'octobre 1947 de la *Société française de Métallurgie*; R. Cahn, *Report of a Conference on Strength of Solids* (Bristol) *Physical Society*, 1948, p. 136.

(5) A. Guinier et P. Lacombe, *Métaux et Corrosion*, 24, 1948, p. 212.

(6) J. Hérenguel et G. Chaudron, *Rev. Métallurgie*, 41, 1944, p. 33.

Au contraire, l'alliage recuit 3 heures à 450°, trempé à l'air, écroui de 6 % par traction puis recuit à nouveau 3 heures à 450°, subit un vieillissement à 20° caractérisé par une augmentation de E et R beaucoup plus lente. Ainsi la

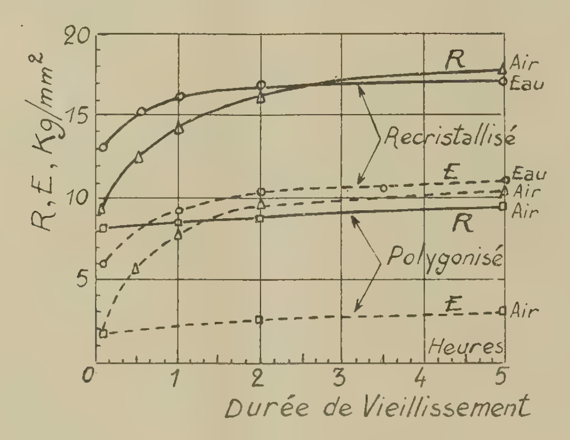



Fig. 1. — Variations des propriétés mécaniques E 0,2 % et R en fonction de la durée de vieillissement des solutions solides Al-Zn à 8 % suivant la vitesse de la trempe et leur état recristallisé ou polygonisé.

valeur de R après vieillissement de plusieurs jours atteint environ la moitié de celle obtenue en 24 heures pour l'alliage recuit après 90 % d'écrouissage (*fig.* 2).

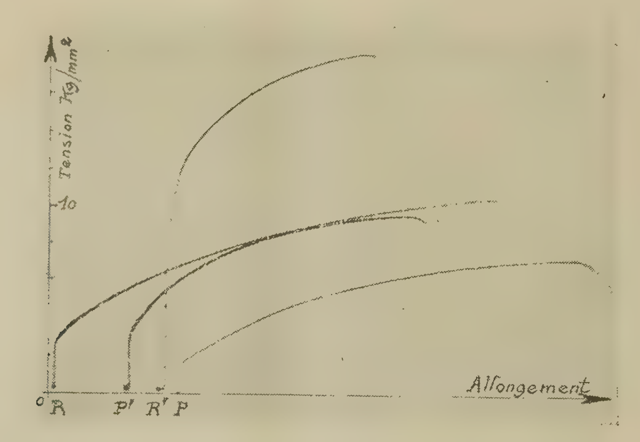



Fig. 2. — Courbes de traction enregistrées sur la micromachine Chevenard d'alliage Al-Zn à 8 %. R, recristallisé et vieilli 5 minutes à 20°; R', recristallisé et vieilli 24 heures à 20°; P, polygonisé et vieilli 5 minutes à 20° (coude brusque au delà de E); P', polygonisé et vieilli 24 heures à 20°.

Ces résultats apportent un argument à l'hypothèse suivant laquelle les défauts de structure des cristaux, quels qu'ils soient, jouent un rôle essentiel dans le durcissement structural des solutions solides. Il y a lieu de considérer également leur répartition dans le cristal. Dans le cas du cristal recristallisé après écrouissage de 90 %, les défauts de structure préexistant à la

trempe ou provoqués par une trempe trop brutale sont répartis au sein du cristal au hasard, de sorte que leur faible distance moyenne facilite la diffusion des atomes dissous nécessaire au durcissement.

Au contraire, dans le cas du cristal polygonisé trempé à l'air, ces défauts, tels que les *dislocations*, sont rassemblés dans les joints intracristallins des petits blocs parfaits. Il en résulte que la distance moyenne des défauts dans les directions perpendiculaires aux joints intracristallins est beaucoup plus élevée et limite la diffusion du zinc.

En conclusion, cette étude montre l'influence des modifications de structure conditionnant la répartition et la diffusion des atomes dissous sur la cinétique du vieillissement des solutions solides.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Valence libre, fonction anhydride et verres.* Note (*) de M. **Alexandre Laforgue** et M^me **Denise Laforgue-Kantzer**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'étude des composés métaphosphoriques qui fixent des *donneurs* (eau, oxydes, etc.), se cyclisent et forment des verres, a conduit l'un de nous à généraliser la notion de fonction anhydride ([1]).

Un calcul, fondé sur la méthode des orbites moléculaires, précise notre conception pour les groupements $XO_3$ à octet incomplet, molécules ou ions ([2]). Certains peuvent être monomères, $SO_3$ $NO_3^-$, $CO_3^{--}$, $BO_3^{---}$; ils ont été trouvés plans ([3]), les trois oxygènes formant un triangle équilatéral. Nous admettrons que des électrons venant des oxygènes complètent l'octet qui possède alors une hybridation $sp^2$.

Pour tous ces $XO_3$, la valence libre qu'aurait le monomère déterminera le mode d'association. Cette valence libre mesurant une lacune électronique dérive d'une liaison semi-polaire, comme la valence libre mesurant un découplage dérive d'une liaison ordinaire ([4]).

On trouve par un calcul analytique ([5]) l'indice de liaison $p = 2(x^2 + 12)^{-(1/2)}$ en posant

$$x = (\alpha_X - \alpha_O)\beta_{XO}^{-1}.$$

Les intégrales coulombiennes $\alpha$ sont proportionnelles ([5]) aux électronégativités

(*) Séance du 16 mai 1949.

([1]) D. Kantzer, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1317; *Thèse* 1949, Paris.

([2]) La méthode sera généralisée aux groupements des types : $BF_3$, $SOCl_2$, $P_2O_5$, $(B_2O_3)_n$, etc.

([3]) Au contraire les ions $ClO_3^-$, $BrO_3^-$, $SO_3^{--}$, etc., qui possèdent un doublet libre au lieu d'une lacune ont une structure pyramidale (hybridation $sp^3$).

([4]) *Cf.* R. Daudel, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 807.

([5]) A paraître.

corrigées de l'effet de charge (charge de l'ion et ionisation partielle des liaisons X — O). Les intégrales d'échange, vraisemblablement égales pour une même période [6] seront, de plus, supposées décroître d'une période à l'autre,

$$\beta_{11} = 1, \qquad \beta_{12} = 0{,}8, \qquad \beta_{13} = 0{,}6, \qquad \beta_{14} = 0{,}4.$$

La valence libre est $L = N_{max} - 3p$.

*Remarque.* — Le maximum absolu $N_{max}$ de valence liée n'est atteint que pour l'atome X d'une molécule $XY^3$ :

1° En effet, les trois liaisons sont équivalentes. Or, on sait qu'une même quantité d'électron $\pi$, répartie entre plusieurs couplages, est représentée par des indices de liaison dont la somme est plus forte que si elle était concentrée sur un couplage unique.

2° Les atomes périphériques n'échangent de liaison qu'avec l'atome central. Les indices sont donc aussi élevés qu'il est compatible avec la symétrie ternaire.

Dans ce cas, la valence liée $N = 3p$ est maximum pour $x = 0$ et prend la valeur $N_{max} = \sqrt{3}$, qui est aussi la borne supérieure de la valence liée pour toute molécule, résultat en accord avec d'autres méthodes [7].

*Résultats.* — 1. Dans le tableau suivant, les $XO_3$ sont rangés par valence libre croissante et leurs modes d'association sont pointés [8], ce sont successivement :

des monomères ($\mathcal{M}$) pour $L \leq 0{,}19$;

des chaînes ($\mathcal{C}$) de quelques groupements;

des verres ($\mathcal{V}$) chaînes infinies de tétraèdres pour $0{,}12 \leq L \leq 0{,}25$;

des anneaux ($\mathcal{A}$) régulièrement empilés en cristaux.

| | $x$. | L. | ($\mathcal{M}$). | ($\mathcal{C}$). | ($\mathcal{V}$). | ($\mathcal{A}$). |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $NO_3^-$ . . . . . . . . . . . | 0,33 | 0,01 | ★ | | | |
| $CO_3^{--}$ . . . . . . . . . . . | 0,70 | 0,05 | ★ | | | |
| $BO_3^{---}$ . . . . . . . . . . | 0,90 | 0,07 | ★ | ● | | |
| $SO_3$ . . . . . . . . . . . . | 1,20 | 0,12 | ★ | ● | ★ | ● |
| $PO_3^-$ . . . . . . . . . . . | 1,56 | 0,19 | ● | ★ | ★ | ★ |
| $SiO_3^{--}$ . . . . . . . . . . | 1,68 | 0,22 | | ★ | ★ | ★ |
| $AlO_3^{---}$ . . . . . . . . . | 1,83 | 0,25 | | | ★ | ● |
| $SbO_3^{--}$ . . . . . . . . . | 2,61 | 0,43 | | | | ● |

2. Pour les verres industriels cette classification coïncide pratiquement avec la classification des *formateurs* empirique ou thermochimique [9] (énergie de liaison dans le tétraèdre $XO_4$).

---

(6) A. Laforgue, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1430; *Journal de Physique* (sous presse).

(7) W. Moffit (en préparation). Communication personnelle de C. A. Coulson.

(8) Les ● représentent des résultats moins bien confirmés que les ★.

(9) Sun, *The Glass Industry*, U. S. A., 24, févr. 1948, p. 73. Il faut dans le tableau numérique choisir, dans tous les cas, la coordinence 4.

3. Pour les monomères (et approximativement pour les chaînes courtes) la valence libre exprime numériquement l'affinité chimique qui, pratiquement nulle pour $NO_3^-$, croît depuis celle de $CO_3^{--}$ (quelques associations moléculaires) jusqu'à celles de $SO_3$ et $PO_3^-$ *anhydrides forts* qui fixent énergiquement les *donneurs de paires*.

4. Réciproquement, l'expérience justifie le choix des β, ainsi que notre hypothèse : c'est la *quantité de lacune* qui est essentielle et non la charge variable dans de larges limites.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation d'aspartates et de glutamates acides de choline*. Note (*) de M^me **Abigaël Carayon-Gentil** et M^lle **Jeanne Brigando**, présentée par M. Paul Pascal.

Au cours de la préparation de l'aspartate et du glutamate de choline (1), nous avons pu isoler, en raison de leur différence de solubilité dans l'alcool, de petites quantités de sels acides de faible teneur en choline. Ces corps précipitent lorsqu'on ajoute un excès d'éthanol à une préparation sirupeuse légèrement acide et aussi concentrée que possible d'aspartate ou de glutamate de choline. En opérant à des pH compris entre 5,2 et 6,9, nous avons toujours observé ce phénomène. Par des concentrations et des précipitations successives (2), cette méthode a permis d'obtenir des corps de taux de choline assez voisins :

aspartate acide de choline : 10,8 et 10,9 % de choline;

glutamate acide de choline : 9,3, 9,7, 10,6 et 11,8 % de choline.

Ces produits ont été obtenus avec un rendement de 3 à 5 %.

La présence de choline n'est pas due à des phénomènes d'adsorption; nous avons effectué des lavages prolongés et répétés avec de l'éthanol absolu, le taux de choline reste pratiquement constant; or, la choline est soluble en toute proportion dans l'éthanol qui est également un solvant de l'aspartate et du glutamate de choline. Ces résultats sont confirmés par quelques diagrammes aux rayons X.

Le composé acide glutamique-choline à 9,7 % de choline a été spécialement

---

(*) Séance du 23 mai 1949.

(1) *Comptes rendus*, **128**, 1949, p. 1035. L'aspartate et le glutamate de choline correspondent à la salification d'un carboxyle de l'amino-acide par une molécule de choline (aspartate : 44,06 % de choline; glutamate : 41,60 % de choline, valeurs théoriques). Les dosages sont effectués sous forme de périodure ou de reineckate. Tous les résultats sont calculés en ion choline $+N(CH_3)_3-CH_2-CH_2OH$.

(2) On élimine ainsi pour les préparations les plus acides (pH : 5,2 à 5,6) des mélanges de très faible teneur en choline (1 à 2 %) donnant aux rayons X le diagramme de l'acide aminé.

étudié. Son diagramme aux rayons X est caractéristique ([3]) d'un corps cristallisé. La disposition et l'assemblage des raies ne correspondent pas à celles du diagramme de l'acide glutamique. Ceci prouve que ce corps n'est pas un mélange de choline et d'acide aminé. Ce taux de choline beaucoup plus faible que celui résultant des proportions équimoléculaires des constituants ne peut s'expliquer que par l'existence de complexes formés de plusieurs molécules d'acides aminés pour une molécule de choline. Les résultats analytiques portant sur la choline, l'azote total, le carbone et l'hydrogène permettraient d'envisager la présence de six molécules d'acide aminé pour une molécule de choline.

D'après leur teneur en azote total et en choline, les aspartates acides auraient la même composition.

Bien que ces corps soient très hydrolysables, il a été possible d'obtenir, une fois, par cristallisation dans l'eau, un composé acide aspartique-choline à 6 % de choline. Le diagramme aux rayons X de ce corps est tout différent de celui de l'acide aspartique et de l'aspartate de choline. Il indique un corps nouveau. Le taux de choline représenterait douze molécules d'acide aspartique par molécule de choline.

Pour obtenir ces sels acides, il faut être en milieu à la fois anhydre et légèrement acide. Ces considérations nous ont amenées à traiter une solution alcoolique d'aspartate de choline par une solution titrée de gaz chlorhydrique dans l'éthanol anhydre. Un précipité apparaît dès l'addition des premières gouttes d'alcool chlorhydrique. Plusieurs substances formées par action de quantités variables d'acide ont été ainsi séparées (rendement 20 % environ). Ce sont des composés analogues aux précédents. Pour des taux d'acide chlorhydrique ne dépassant pas 20 % de la quantité nécessaire pour décomposer tout le sel, les produits ont une teneur en choline sensiblement constante variant de 25 à 18 %. Ces valeurs correspondraient en moyenne à trois molécules d'acide aminé par molécule de choline.

Les composés obtenus par ces deux techniques différentes sont des substances blanches, plus ou moins hygrocospiques, leur affinité pour l'eau augmentant avec le taux de choline; ils sont solubles dans l'eau, très peu solubles dans l'éthanol absolu. Le pH de leur solution varie de 4,2 à 4,7. Tous ces corps donnent la réaction de Florence. Ils sont facilement hydrolysables, le phénomène est surtout marqué pour les dérivés de l'acide glutamique. Ces sels sont ionisés en solution. Une étude cryométrique de l'aspartate acide à 10,8 % de choline, en solution aqueuse diluée, a donné 89 comme poids moléculaire apparent. Le poids moléculaire minimum calculé d'après la teneur en choline

---

([3]) Diagramme effectué avec le rayonnement $K_\alpha$ du cuivre pour un débit de 15 milliampères sous une tension de 28 kilovolts.

est environ dix fois cette valeur. Cette ionisation indique qu'il n'y a pas de liaison peptidique.

Les sels isolés répondraient à la formule générale :

$$\text{R—COO ch, nR—COOH} \quad (^1),$$
$$n = \text{N} - 1.$$

N, nombre d'acides aminés par molécule de choline, soit 3, ou 6, ou 12, dans les conditions où nous avons opéré.

MINÉRALOGIE. — *Réalisation de la synthèse de la nadorite* PbOSbOCl *par frittage*. Note (*) de MM. **Joseph Bolfa, Robert Pastant** et **Marcel Roubault**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans une première série d'expériences, nous avons essayé de produire de la nadorite par fusion, suivant le processus très simple indiqué par G. Cesaro ([1]). Nous rappelons les résultats obtenus par ce savant. On chauffe un mélange de $1^g$ d'oxyde de plomb et $0^g,778$ d'oxychlorure d'antimoine que l'on obtient facilement en traitant le trichlorure d'antimoine par l'eau froide.

« La fusion s'effectue très rapidement sur un bec Bunsen et l'on obtient, par refroidissement, une masse ayant à peu près l'aspect et l'éclat de la nadorite et qui, comme cette dernière, raye très nettement le spath d'Islande. Cette masse très fragile est traversée par des plans brillants qui me paraissent montrer que la matière est cristallisée. Elle m'a semblé homogène au microscope. »

Nous avons placé le mélange de PbO (litharge) et de SbOCl (dans les proportions de la nadorite) dans un four électrique à tube de silice à 900° C pendant une demi-heure; les deux constituants restaient bien séparés sans fusion.

Nous avons ensuite opéré dans un four électrique, à tube de graphite (donc en atmosphère réductrice) à 1 100° C pendant le même laps de temps. Nous avons obtenu, après refroidissement, des dépôts noirâtres sur le creuset de porcelaine. Ces échecs ne nous ont pas surpris, l'identification du produit obtenu par Cesaro étant très superficielle. A notre avis ce savant n'a vraisemblablement pas obtenu la nadorite.

---

(1) ch : ion choline :

$$\text{R} \rightarrow \text{HOOC—}\underset{\displaystyle |\atop \displaystyle \text{NH}_2}{\text{CH}}\text{—CH}_2\text{—} \qquad \text{R} \rightarrow \text{HOOC—}\underset{\displaystyle |\atop \displaystyle \text{NH}_2}{\text{CH}}\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$$

pour l'acide aspartique — pour l'acide glutamique

(*) Séance du 23 mai 1949.

(1) *Bull. Soc. de Min.*, **11**, 1887, p. 44-51.

Les mêmes expériences effectuées avec des fondants comme le borax n'étaient pas indiquées, le borate de plomb se formant facilement.

Dans une deuxième série d'expériences nous avons essayé de réaliser la synthèse de ce minéral par frittage de SbOCl et de PbO (litharge), toujours dans les proportions de la nadorite, à une température inférieure à leur point de fusion. A cet effet nous avons réalisé à froid dans un mortier d'Abich une pastille, avec le mélange SbOCl et PbO finement porphyrisé, à une pression de 1000 kg/cm² obtenue à l'aide d'une presse Brinell. La pastille ainsi obtenue a été placée dans un four électrique à tube vertical, entre deux lames d'acier et maintenue comprimée à 30 kg/cm² à l'aide d'un dispositif de charge de compression à levier analogue à celui utilisé dans les essais d'affaissement sous charge à haute température dans l'étude des réfractaires. Le four a été maintenu à une température comprise entre 600° C et 650° C pendant sept jours. La température était repérée à l'aide d'un couple chromel-alumel. Pour caractériser le produit obtenu qui paraissait à l'œil nu cristallisé et d'un éclat analogue à celui de la nadorite, nous avons utilisé l'examen microscopique en lumière réfléchie. A cet effet, nous avons scié la pastille suivant un diamètre et fait une section polie, la moitié de la pastille ayant été au préalable sertie dans la gomme laque. Les microphotographies 1 et 2 représentent les résultats obtenus.

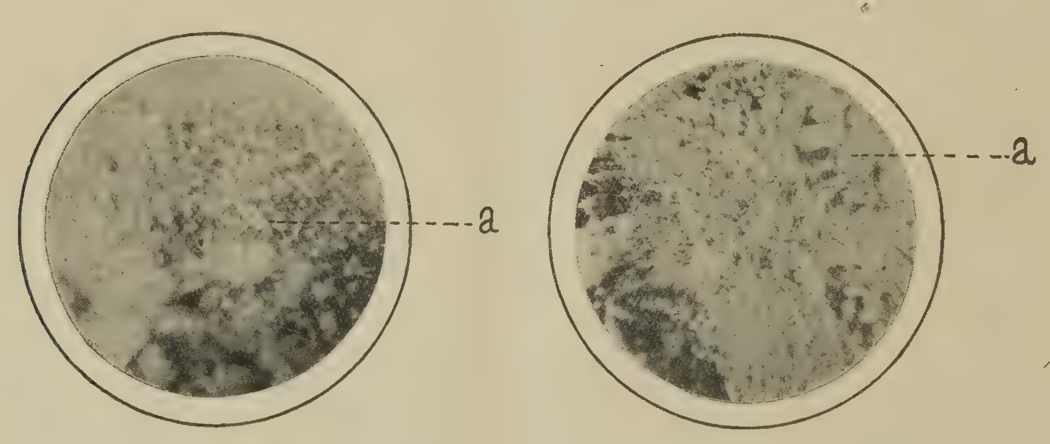



Photo. 1. — Lumière naturelle réfléchie. × 500.

Photo. 2. — Lumière naturelle réfléchie. × 200.

Les propriétés optiques (pouvoir réflecteur; aptitude au polissage, degré d'anisotropie, réflexions internes) sont rigoureusement les mêmes que celles déterminées sur des agrégats de cristaux de nadorite provenant du gisement d'Hamman N'Baïls (près de Guelma), Algérie.

De plus, les formes cristallines sont également les mêmes. La photo 1 montre bien les cristaux losangiques taillés normalement à l'allongement (*a*), l'angle *mm* étant voisin de 106°. La photo 2 montre des cristaux taillés suivant l'allongement et à extinction droite (*a*).

MINÉRALOGIE. — *Transformation expérimentale du mica en divers types de minéraux argileux par séparation des feuillets.* Note de M^lle **Simonne Caillère**, MM. **Stéphane Hénin** et **Roger Guennelon**, présentée par M. Albert Demolon.

Nous avons montré antérieurement (¹) qu'il est possible de fixer les uns aux autres les feuillets de la montmorillonite en la traitant par une solution normale de KOH. Le produit obtenu est cristallographiquement voisin du mica et d'autre part son équidistance principale de 9,4 Å reste stable même après immersion dans l'eau. Cependant après traitement pendant 3 jours par une solution normale de $CaCl^2$ on constate qu'une partie des feuillets se sont à nouveau séparés. Ceci laissait donc prévoir qu'il était possible, par un traitement analogue, de séparer les feuillets du mica.

Pour obtenir ce résultat, des lamelle de phlogopite de Ihosy (Madagascar) ont d'abord été pulvérisées et passées au tamis 200, puis broyées pendant 40 heures sous l'eau dans un broyeur à boulets. Le produit final est formé par des grains inférieurs à $2^{\mu}$ ainsi que nous nous en sommes assurés par des mesures de sédimentation. Ce broyage avait pour but en diminuant la dimension des particules, d'accroître la rapidité des échanges d'ions entre les cristaux et la solution.

Malgré ce traitement énergique le diagramme de R. X. du mica broyé est sensiblement analogue à celui du minéral initial.

Après une ébullition de 135 heures dans une solution de $MgCl^2$ à 40 % nous avons pu observer qu'une partie des feuillets du mica étaient déjà séparés. En effet, en utilisant pour l'examen aux rayons X une des petites plaquettes qui se forment spontanément sur les bords du filtre quand on isole le produit de la solution et en disposant celle-ci parallèlement au faisceau de rayons X, on constate sur le film à l'intérieur des petits arcs de cercle correspondant à l'équidistance normale d'un mica, un ou deux arcs de cercle supplémentaires dus à des réflexions sur les plans distants de 12 et de 14 Å. Ainsi le produit se présente comme un mélange de mica et de vermiculite. Des traitements plus longs aboutissent à une transformation plus profonde mise en évidence par des raies larges et floues conduisant à admettre l'existence d'écartements à 12, 14 Å et plus, interstratifiés au hasard.

Ces résultats sont confirmés par les diagrammes Chevenard. En effet, le mica en larges lamelles ne présente aucune inflexion jusqu'à 980°. Le produit broyé et séché à l'air montre un départ d'eau à basse température correspondant au dégagement de l'eau hygroscopique, mais ne présente pas d'autre accident notable jusqu'à 900°. Au contraire les courbes obtenues avec les phlogopites

(¹) S. Caillère, S. Hénin et S. Mériaux, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 680.

traitées montrent plusieurs inflexions intermédiaires. L'un de ces diagrammes permet d'évaluer des départs d'eau de l'ordre de 1,75 % jusqu'à 150°, puis 7,5 % de 200 à 400° et enfin 3,5 % à partir de 420°. Cette courbe est voisine de celle qui est fournie par une montmorillonite.

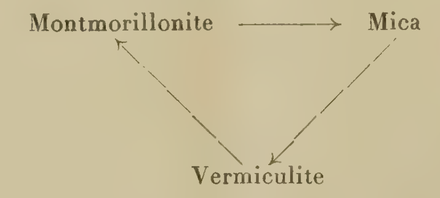
D'autre part l'analyse chimique montre que 250 milliéquivalents de Mg ont été fixés en remplacement de K et de Na primitivement présents dans le minéral. Le mécanisme du phénomène peut donc s'interpréter de la façon suivante : les ions potassium qui assurent la cohésion des feuillets s'échangent contre des ions magnésium dont l'énergie d'hydratation est plus élevée.

Il se forme alors suivant le schéma déjà connu pour la montmorillonite ([2]) des couches de molécules d'eau responsables de l'accroissement de l'équidistance principale et de l'inflexion à 200° et 420° de la courbe de perte de poids.

La substitution du chlorure de calcium au chlorure de magnésium ne modifie pas l'allure de la transformation. Des essais entrepris avec la muscovite de Corrèze et de l'illite de l'Illinois ont conduit à des résultats voisins.

Ainsi par des traitements analogues mais plus énergiques on peut séparer les feuillets du mica comme ceux de la montmorillonite K.

Nous pouvons donc considérer qu'une évolution suivant le schéma :




est relativement aisée et par conséquent possible dans les formations superficielles. La nature et la concentration des cations dissous dans le milieu conditionnerait la présence de l'un ou de l'autre de ces minéraux.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur le* Pliohyrax rossignoli *du Pontien de Soblay (Ain)*. Note de M. **Jean Viret**, présentée par M. Charles Jacob.

La détermination de dents isolées de Mammifères fossiles est toujours difficile, et d'autant plus hasardeuse que l'animal dont il s'agit est plus mal connu ou présente des caractères plus ambigus. Ici même ([1]), j'ai décrit, sous le nom de *Neoschizotherium*, quelques dents isolées, provenant des lignites pontiens de l'Ain, ayant appartenu à un animal qui me semblait apparenté au *Postschizotherium* du Pliocène de Chine. Ce dernier ayant été classé par Teilhard de Chardin et V. Kœnigswald dans les Chalicothériidés, il devenait nécessaire de

---

([2]) J. Mering, *Transaction of Faraday Soc.*, 42-B, 1946, p. 205-219.

([1]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 353.

créer parmi les Ancylopodes une tribu quelque peu aberrante, caractérisée essentiellement par la tendance des molaires à l'acquisition d'une hypsodontie imparfaite, limitée surtout à la face externe des molaires, comme on la connaît chez certains Titanothériidés américains.

Les lignites de Soblay ne sont malheureusement plus exploités. Cependant, parmi les dernières dents recueillies dans le niveau fossilifère et qui viennent de me parvenir, j'ai reconnu une arrière molaire inférieure du *Neoschizotherium rossignoli*. Cette dent à allure de *Palæotherium*, formée de 3 lobes crescentiformes, apparaissait une fois de plus aberrante pour un Chalicothériidé, ce qui m'a amené à reconsidérer la détermination du petit pachyderme de Soblay.

Malgré l'absence de documentation sur le squelette et notamment sur les phalanges, j'ai maintenant la certitude que ce dernier n'est pas un Ancylopode, mais un Hyracoïde appartenant au genre *Pliohyrax* Osborn. Trois espèces sont connues : *P. græcus* Gaudry du Pontien de Pikermi et de Samos, forme bien plus grande que notre fossile, *P. championi* Arambourg du Miocène du Turkana, dont les prémolaires inférieures sont un peu différentes, et *P. kruppi* Osborn dont la taille est identique à celle de l'animal de Soblay. D'après la dentition inférieure figurée par Schlosser, on pourrait croire qu'il s'agit de la même espèce. Toutefois, la dentition supérieure du crâne type est si usée, si mal conservée postérieurement ([2]), qu'il est prudent, jusqu'à plus ample informé, de conserver le nom spécifique de *rossignoli*.

Les affinités reconnues précédemment entre *Neoschizotherium* et *Postschizotherium* n'ont pas disparu pour autant, et je pense que ce dernier est à ranger également parmi les Hyracoïdes. Très loyalement du reste, P. Teilhard de Chardin, à la fin de son travail de 1939 ([3]), cite l'opinion de G. G. Simpson qui lui signalait, dans la dentition de la forme chinoise, certains traits d'Hyracoïdes. Je crois que le savant Curator de l'American Museum avait vu juste. Les deux paires d'incisives inférieures développées en défenses ne sont pas un attribut normal des Chalicothériidés, non plus que la présence de fossettes ovalaires dans la symphyse ou sur la face externe de la mandibule, tandis que des fossettes diversement placées ont été rencontrées chez plusieurs Saghathériidés fossiles. La position des orbites est la même dans les deux cas. Les molaires supérieures de l'animal du Shansi, les seules qui soient lisibles, montrent notamment l'existence de parastyle et de mésostyle tranchants qui sont bien dans le cachet des dents de *Pliohyrax*.

Ainsi, au Pontien, des Hyracoïdes venus d'Afrique ont gagné l'Asie Mineure et de là ont poussé des incursions, probablement assez brèves, non pas seule-

---

([2]) Osborn, On *Pliohyrax Kruppi* (*Proceed. fourth internat. Congress Zoology*, Cambridge, 1898, p. 172, planche 2).

([3]) New observations on the genus *Postschizotherium* (*Bull. of the geol. Soc. of China*, **19**, n° 3, décembre, 1939).

ment en Grèce, mais jusqu'aux extrémités occidentales du continent eurasiatique. Il ne semble pas qu'ils aient réussi à prendre racine en Europe, tandis qu'à l'Est, ils auraient trouvé des asiles où leur évolution se serait poursuivie durant le Pliocène et le début du Quaternaire.

GÉNÉTIQUE. — *Le* + Cratægomespilus Asnieresii *donne de nouveau des rameaux typiques de* Cratægus monogyna. Note de M. **André Guillaumin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

On ne connaît que trois chimères d'Aubépine et de Néflier ([1]).

1° Le Néflier de Bronvaux ([2]) (+ *Cratægomespilus Bronvauxii* Hort.) présentant : *a*. des rameaux épineux à feuilles entières ou peu lobées, pubescentes, à fleurs en corymbes analogues à celles de l'Aubépine donnant parcimonieusement des fruits semblables à ceux de l'Aubépine, mais bruns et velus (+ *Cratægomespilus Asnieresii* K. K. Schneider); *b*. des rameaux à feuilles et fleurs de Néflier, mais ces dernières par 6-12, donnant des nèfles (+ *C. M. Dardari* Simon-Louis).

2° Le Néflier de Saujon ([3]) présentant : *a*. des rameaux pleureurs à feuilles, fleurs et fruits d'Aubépine, mais ces derniers parfois plus ou moins bruns (+ *C. M. Brunii* L. Daniel); *b*. des rameaux pleureurs, à feuilles moins divisées se rapprochant de celles du + *C. M. Asnieresii*, mais plus lobées (+ *C. M. Rivierei* L. Daniel); *c*. des rameaux pleureurs ou non, à feuilles, fleurs et fruits plus ou moins complètement de Néflier, mais en ombelles pauciflores (+ *C. M. Bonnieri*, *Batesonii* et *Lotsyi* L. Daniel).

3° Le Néflier de Tomba ([4]) à feuilles entières, velues, ressemblant à celles du + *C. M. Asnieresii* et fleurs en corymbe analogues à celles de l'Aubépine, mais plus grandes et fruits semblables à ceux de l'Aubépine mais bruns (+ *C. M. Manaresii* Lopriore).

Sur une branche de + *C. M. Asnieresii* provenant du Jardin de Biologie végétale du Palais de la Découverte à l'Exposition de 1937 où l'avait exposé L. Daniel et actuellement cultivé au Muséum de Paris dans le Jardin écologique, comme d'ordinaire à feuilles peu lobées et pubescentes, vient de se développer un rameau à feuilles profondément lobées et glabres typiquement de *Cratægus monogyna*.

L. Simon a signalé ([5]) sur le Néflier de Bronvaux des rameaux de *Cratægus*

---

([1]) Les + *Cratægomespilus Gillotii* Rehder et *grandiflora* Bean sont des hybrides et non des chimères, par suite des × *Cratæmespilus*.

([2]) *Cf.* L. Daniel, *in C. R. Congrès horticole organisé par la Société nat. Hort. de France* en 1898.

([3]) *Cf.* L. Daniel, *in Comptes rendus*, **149**, 1909, p. 1008.

([4]) A. Manaresi, *in Sta. sperim. agr. ital.*, **48**, 1915, p. 513.

([5]) Lettre de L. Simon du 12 mai 1898 citée par L. Daniel *in Rev. bret. Bot.*, 1930, p. 1071.

*monogyna* var. *lanigera* Beck ([6]), mais s'étant produits *au-dessous du bourrelet du greffage;* ici il s'agit, comme dans le cas observé par L. Daniel ([7]), de rameaux de *C. monogyna* sortis d'une branche de + *C. M. Asnieresii.*

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Remarques caryobiologiques sur l'évolution de l'appareil nucléolaire.* Note de MM. **Georges Malvesin-Fabre** et **Jean Séchet**, transmise par M. Pierre Dangeard.

La comparaison des observations réalisées récemment par chacun de nous sur deux matériels différents (*Limodorum abortivum* et divers *Iris*) ayant fait ressortir des conclusions concordantes, nous en présentons la synthèse quant à l'appareil nucléolaire et son évolution dans la vie cellulaire. Ces constatations nouvelles rejoignent celles effectuées par l'un de nous chez les Aracées; elles acquièrent donc une certaine généralité.

Dans les méristèmes, l'appareil nucléolaire comporte un ou plusieurs nucléoles de forte taille, colorables avec intensité. Mais, dans les tissus adultes, son volume est plus réduit, le nucléole est souvent unique, sauf dans les noyaux plus ou moins fusiformes des cellules allongées. Là, au cours de l'élongation concomitante de la cellule et du noyau, un étirement progressif du nucléole est suivi d'une rupture en deux masses, qui, ensuite, deviennent sphériques.

Dans un même organe, et après action du même fixateur, la colorabilité du nucléole est moins intense dans les cellules différenciées.

Les différences d'ordre morphologique entre les nucléoles des deux catégories de noyaux sont expliquées par les faits observés dans la mitose.

Pendant l'anachromase, la sidérophilie du matériel chromatinien s'accroît graduellement à mesure que se résorbe l'appareil nucléolaire, et c'est à la disparition morphologique de cet appareil qu'elle atteint son maximum.

Tout au début du processus mitotique, le nucléole présente souvent une déformation pouvant aller jusqu'à un véritable aspect amiboïde; parfois même certains pseudopodes sont oligochromatiques. Ailleurs, la déformation s'accompagne d'une diminution générale de la chromaticité.

A un stade variable de la mitose et après un comportement qui diffère suivant les cas, le nucléole se résorbe plus ou moins complètement. Parfois un résidu nucléolaire persiste parmi les chromosomes sur lesquels il semble bien que se soit fixée la majeure partie de la substance du nucléole. Il y a parallé-

---

([6]) C'est ce que Seelinger a appelé + *Cratægomespilus Langei.* Des rameaux analogues seraient apparus sur un + *C. M. Asnieresii* à Anzig, près Metz, suivant L. Daniel (*Rev. bot. bret.*, 1930, p. 1084) et à Bologne suivant A. Manaresi (cité par L. Daniel, *Rev. bot. bret.*, 1930, p. 1084).

([7]) In *Rev. bot. bret.*, 1930, p. 1083.

lisme entre ces deux processus : résorption de l'appareil nucléolaire, édification des chromosomes. S'il persiste un résidu nucléolaire après l'anachromase, c'est que la masse des ribonucléoprotéides dépassait le quantum normal correspondant à celle des désoxyribonucléoprotéides. Ce surplus sera quand même utilisé au moment opportun.

En anaphase on peut voir un ou plusieurs éléments nucléolaires se porter au pôle avant même le lot chromosomique et ne se résorber qu'au cours du tassement polaire. Ce dernier stade ne peut être étudié avec fruit qu'en utilisant parallèlement l'hématoxyline ferrique, la réaction nucléale de Feulgen et la double coloration de Yu.

Dans chaque masse polaire on constate que les chromosomes présentent à la fois les colorations de la chromatine et celles du nucléole, alors que celui-ci a disparu en tant qu'organite individualisé. Sa substance dispersée s'est annexée d'une part aux chromosomes raccourcis et tassés et d'autre part à une masse générale à la fois Feulgen-positive et sidérophile comme les chromosomes qu'elle englobe.

Autour de ces derniers, cette sorte de magma interstitiel et enveloppant représente en même temps une diffusion partielle de la chromatine et une diffusion totale de la substance nucléolaire. Cette dernière est ainsi momentanément en contact direct avec le cytoplasme ambiant et cela, en un état d'extrême division très favorable à un rôle catalytique. C'est alors que les ribonucléoprotéides du nucléole ont la possibilité maxima d'agir sur le cytoplasme au moment même où celui-ci doit accroître sa masse protéique afin que la cytodiérèse puisse normalement suivre la caryodiérèse en cours.

Cette observation concorde avec les conceptions récentes des biochimistes sur le rôle du nucléole considéré par Caspersson (1939 et 1941) comme une des *machines à élaborer les protéines*, et par Brachet (1942 et 1944) comme le *siège d'une intense synthèse des protéines*. Nos constatations d'ordre cytologique, effectuées sur du matériel végétal, apportent donc une confirmation aux considérations de la biochimie moderne basées essentiellement sur l'étude du matériel animal.

Dans certains cas, on peut constater en outre la perte de menus fragments Feulgen-négatifs et sidérophiles formant ensuite des extrusions nucléolaires dans le cytoplasme des cellules-filles.

A la catachromase, la sidérophilie toujours très forte de l'ensemble chromatinien ne diminue qu'au fur et à mesure de la réapparition des nucléoles. Pendant la télophase et toujours grâce à la double coloration de Yu on suit, dans la masse polaire, la naissance de nucléoles élémentaires au moment où s'organise le *reticulum chromatinien*. Ces nucléoles primaires, en nombre variable, mais égal de part et d'autre, se forment en position symétrique dans les deux noyaux-fils et sont tout d'abord d'importance équivalente. Puis, certains d'entre eux se résorbent graduellement, tandis qu'au contraire on en voit s'accroître un (ou deux) symé-

triques dans les deux noyaux. Il n'y a jamais fusion directe, mais une suite d'actions métaboliques localisées désintégrant la substance nucléolaire en certains points et la reconstituant en d'autres. Si deux nucléoles subsistant dans chaque noyau sont de taille inégale, ceux d'importance équivalente sont symétriques dans les deux noyaux-fils. Il y a donc un double déterminisme quant à leur position et à leur potentialité trophique.

Notons qu'en fin de catachromase, le nucléole peut subir une déformation comme au début de l'anachromase.

Le nucléole ne nous apparaît plus comme un élément passif et énigmatique, mais comme un organite essentiellement actif, jouant un rôle important dans le métabolisme du noyau et dans celui de la cellule tout entière. Cette constatation est éclairée par les données de la biochimie générale qui considère le nucléole comme formé par des histones et par des nucléoprotéides à acide ribonucléique dont les importantes propriétés catalytiques s'appliquent essentiellement à la protéogénèse. Il n'est pas exclu de penser qu'il joue également un rôle dans les oxydations vitales.

CHIMIE AGRICOLE. — *Équilibres auxquels donne lieu dans le sol la fixation de potassium à l'état non échangeable*. Note de M. **Georges Barbier** et M[lle] **Marcelle Durroux**, présentée par M. Albert Demolon.

Il est établi que la plupart des sols ont la faculté de fixer du potassium à l'état non échangeable. R. Chaminade a montré que ce phénomène est la conséquence d'une pénétration d'ions K à l'intérieur de particules minérales (¹). Mais on peut se demander s'il en résulte un blocage définitif de ces ions, ou si au contraire ils sont susceptibles de reprendre l'état échangeable, par un retour à la surface des grains. *A priori*, cette deuxième hypothèse est plausible. En effet, si la fixation de K à l'état non échangeable n'était pas limitée par une réaction inverse, elle pourrait devenir totale; or, les sols ne recevant pas d'engrais potassiques conservent indéfiniment sous forme échangeable une fraction du potassium qu'ils renferment; ce fait suggère qu'un équilibre s'établit entre les ions K échangeables et ceux actuellement non échangeables.

Nos expériences ont porté sur un sol de limon en place naturellement pauvre en K échangeable (0,1 $K_2O$ ‰), qui reçoit tous les ans depuis 1928 250$^{kg}$ $K_2O$ par hectare et par an, à l'état de chlorure ou du sulfate. La fraction demeurée échangeable (épuisement par une solution d'un sel neutre) du potassium appliqué chaque année, diminue peu à peu au cours des années suivantes, mais elle tend vers une limite stable, soit 30 à 25 %.

Une petite quantité de terre (25$^g$) a d'abord été lessivée par une solution de $CaCl_2$, puis conservée humide pendant un temps variable, et ensuite épuisée

(¹) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 682-684.

par une solution d'acétate d'ammonium, qui a extrait les quantités suivantes de $K_2O$ ‰ de terre :

| | Après un repos de : | | |
|---|---|---|---|
| | 1 jour. | 15 jours. | 33 jours. |
| Parcelle à KCl 1947 | 0,068 | 0,088 | 0,105 |
| Parcelle témoin 1947 | 0,045 | 0,067 | 0,073 |

Il se reforme donc lentement du potassium échangeable, et davantage dans la terre qui en a fixé antérieurement à l'état non échangeable.

Par ailleurs, nous avons constaté que cette régénération de K échangeable est favorisée par des alternances de dessiccation et d'humectation du sol :

| Après épuisement du sol par une solution d'acétate d'ammonium. | $K_2O$ devenu échangeable (‰ de terre). | |
|---|---|---|
| | Parcelle témoin. | Parcelle KCl. |
| Dessiccation à 40°, puis réhumectation (2 fois) | 0,021 | 0,029 |
| Sans dessiccation, même température | 0,007 | 0,013 |
| Dessiccation à 20°, puis réhumectation (2 fois) | 0,008 | 0,015 |
| Sans dessiccation | 0,004 | 0,004 |

Or, les mêmes alternances de dessiccation et d'humectation favorisent considérablement le passage à l'état non échangeable de K récemment incorporé au sol : la terre témoin, imprégnée d'une solution de KCl (1,0 $K_2O$ ‰), puis desséchée deux fois à 40°, a cédé au cours de l'épuisement ultérieur par l'acétate d'ammonium 0,387 $K_2O$ ‰, au lieu de 1,05 en l'absence de dessiccation. Ainsi la même cause favorise (ou accélère) tantôt le passage de K échangeable à l'état non échangeable, tantôt le passage inverse, selon que la surface des minéraux absorbants a été récemment chargée ou déchargée d'ions K.

Dans le même ordre d'idées, nous avons constaté que les humates calciques adsorbés par l'argile entravent (ou ralentissent) aussi bien le passage à l'état non échangeable de K récemment incorporé, que le passage à l'état échangeable de K préexistant.

On pourrait objecter que la régénération de K échangeable est la conséquence d'une attaque superficielle de l'argile. Or, le passage de $SiO_2$ en solution n'est pas notablement accru par les alternances de dessiccation et d'humectation; par ailleurs dans nos expériences le rapport de $K_2O$ devenu échangeable à $SiO_2$ passé en solution est d'environ 0,15 alors que le même rapport dans l'argile ne dépasse pas 0,05.

*Conclusion.* — Les faits observés peuvent s'interpréter en admettant que des mouvements d'ions K ont lieu dans les particules d'argile, vers l'intérieur ou vers l'extérieur, selon que les surfaces externes sont plus ou moins chargées d'ions K par rapport aux surfaces internes. La fixation de K à l'état non

échangeable ne peut donc pas être considérée comme conduisant à son inactivation définitive dans le type de sol étudié. Néanmoins, la régénération de K échangeable est un phénomène lent; elle n'a pas été largement favorisée par des applications même massives d'engrais potassiques.

PÉDOLOGIE. — *Fermentation des matières organiques, et dynamique chimique du sol.* Note de M. **René Betremieux**, présentée par M. Albert Demolon.

Nous avons signalé antérieurement [1] le rôle important que l'on pouvait attribuer aux fermentations en ce qui concerne l'évolution du fer dans le sol. Nous étudierons ici l'aspect quantitatif des modifications chimiques du milieu accompagnant les phénomènes observés. Pour cela les éléments présents dans les filtrats obtenus par percolation quotidienne d'une solution de glucose et d'un sel d'ammonium sur des mélanges, en proportion variable, de terre et de sable siliceux, ont été dosés à divers intervalles de temps. Ces éléments ont donc été dissous sous l'influence des fermentations.

Le tableau I donne, en pour mille de la terre contenue dans le mélange, les quantités totales de $SiO_2$, $Fe_2O_3$ et CaO dans le filtrat. A titre d'exemple le tableau II indique de quelle façon s'effectue l'élimination au cours du temps pour deux des essais du premier tableau.

Au cours de la période initiale, la terre cède à peu près uniquement Ca; puis survient une période active pendant laquelle Ca et Fe sont entraînés simultanément. L'épuisement des réserves en Ca échangeable est rapide. Celui-ci n'est pas seulement la conséquence d'un échange des cations de la terre contre $NH_4$ du sulfate neutre, mais aussi de l'acidification du milieu due à la fermentation. En effet, la solution sucrée étant neutre et la terre légèrement alcaline, le pH du filtrat descend rapidement à 5 pour se stabiliser ensuite aux environs de 4 (il reste voisin de la neutralité dans l'essai en présence de calcaire). D'autre part, l'échange seul n'élimine, au cours de la période de démarrage, qu'une faible quantité de Ca par rapport à celle qui est dissoute pendant la période active qui suit. Fe s'élimine abondamment pendant un temps plus long que Ca; après 45 jours, la vitesse de dissolution de ces éléments est très ralentie.

Après la période de démarrage, où elle n'est dissoute qu'en très petite quantité, la silice est solubilisée en quantité à peu près constante pendant le reste de l'expérience (2 à 3$^{mg}$ par jour). Il s'ensuit que le rapport $SiO_2/Fe_2O_3$, inférieur à 0,5 pendant la phase active de solubilisation de Fe, dépasse ensuite rapidement 1 et peut atteindre 2 et plus à la fin d'essais poursuivis pendant 3 mois. Cependant, ce rapport est faible pour l'ensemble de l'expérience et, au total, il s'est éliminé beaucoup plus de fer que de silice.

Les résultats donnés au tableau I varient beaucoup d'un essai à l'autre;

---

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1393.

toutefois, l'allure générale du phénomène reste la même. La terre est rapidement décalcifiée et cède une grande quantité de fer qui représente une fraction importante pouvant atteindre la presque totalité du fer libre qui est de l'ordre de 15 à 20 ‰. Quant à la silice, la prolongation de l'expérience en augmente notablement la quantité dissoute qui demeure néanmoins très inférieure à celle qui est extraite lors du dosage de l'oxyde de fer libre par la méthode oxalique (quantité sensiblement égale à celle du fer libre). Cette silice étant considérée comme liée assez étroitement à l'hydroxyde et devant se déplacer avec lui ([2]), il apparaît donc que, par réduction biologique, le fer puisse se désolidariser de son protecteur habituel.

TABLEAU I ([3]).

| Essai n° | Composition du mélange (terre %) ([5]). | Durée de l'essai (jours) ([4]). | ‰ de la terre du mélange. $SiO_2$. | $Fe_2O_3$. | CaO. | $\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1....... | 20 (base immergée) | 67 | 1,67 | 18,9 | 7,65 | 0,09 |
| 2....... | 20 (drainage libre) | 68 | 1,35 | 12,9 | 6,65 | 0,11 |
| 4....... | 10 (drainage libre) | 106 | 2,85 | 9,15 | 10,0 | 0,31 |
| 5....... | 10 (drainage libre) | 53 | 1,37 | 6,2 | 13,6 | 0,22 |
| 6....... | 10 + 20 % craie (drainage libre) | 90 | 2,38 | 9,4 | 82,5 | 0,25 |

TABLEAU II ([3]). — *Oxydes dans le filtrat exprimés en milligrammes par essai.*

| Essai n° | Périodes successives. Durée en jours ([3]). | Essai n° 1. $SiO_2$. | $Fe_2O_3$. | CaO. | $\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$. | Essai n° 2. $SiO_2$. | $Fe_2O_3$. | CaO. | $\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1....... | 10 | 1 | traces | 47 | – | 1,3 | traces | 79,5 | – |
| 2....... | 10 | 25 | 786 | 450 | 0,03 | 14,8 | 478 | 362 | 0,03 |
| 3....... | 7 | 10 | 333 | 53,8 | 0,03 | 8 | 289 | 25,5 | 0,03 |
| 4....... | 7 | 14,5 | 186 | 20,2 | 0,08 | 15 | 141,2 | 17,9 | 0,10 |
| 5....... | 11 | 20,5 | 146,7 | 17,2 | 0,14 | 24 | 91,2 | 16,8 | 0,26 |
| 6....... | 8 | 23,3 | 34,3 | 11,2 | 0,68 | 21 | 12,8 | 14 | 1,64 |
| 7....... | 7 | 22,6 | 13,9 | 9,4 | 1,63 | 14 | 9,6 | 12,3 | 1,46 |
| 8....... | 7 | 17 | 9,1 | – | 1,87 | 10 | 7,2 | – | 1,39 |
| Total. | 67 | 134 | 1509 | 609 | 0,09 | 108 | 1029 | 528 | 0,11 |

Si, dans ces essais de laboratoire, les conditions sont particulièrement favorables à l'obtention d'effets intenses et rapides, nous pouvons néanmoins penser

---

([2]) G. BARBIER, *Bull. Assoc. Fr. Ét. du Sol*, 1936, p. 283.

([3]) 400g de mélange; tubes de 50mm de diamètre, 150mm de hauteur.

([4]) Terre de l'horizon B d'un sol de limon contenant environ 20 % d'argile et sable siliceux à grains de diamètre compris entre 0mm,2 et 0mm,5.

([5]) Nombre de jours où l'alimentation, à raison de 15cm³ de la solution de glucose à 5 % et de $SO_4(NH_4)_2$ à 0,5 %, est possible.

que, dans la nature, des phénomènes semblables produisent des effets analogues malgré un rythme différent et des disponibilités en matières organiques beaucoup plus faibles. D'ailleurs la répartition de la matière organique dans le sol est très inégale, et localement, sa concentration peut être assez grande pour que son action soit considérablement et visiblement accrue, témoins ces vieilles racines qui provoquent autour d'elles une formation intense de gley souvent visible le long de leur trajet.

Mais la question se pose de savoir sous quelle forme préexistaient les éléments solubilisés, en particulier le fer. Les oxydes de fer plus ou moins cristallisés sont particulièrement sujets à une réduction et une solubilisation rapides. Cependant, il n'est pas exclu de penser que les fermentations puissent attaquer aussi des formes d'oxydes bien cristallisées, hématite par exemple, et même des minéraux bien définis tels que phlogopite et glauconie. Dans ces conditions, les fermentations pourraient intervenir d'une façon sensible dans l'altération des minéraux et des roches.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Accommodation de l'œil en lumière blanche et en lumière monochromatique.* Note de M. **Alexandre Ivanoff**, présentée par M. Jean Becquerel.

J'ai signalé dans une Note précédente (1) que la longueur d'onde de mise au point de l'œil en lumière blanche variait avec l'état d'accommodation : lorsque l'œil regarde un point blanc éloigné, il se trouve au point pour les radiations rouges, tandis que lorsqu'il accommode sur un point blanc rapproché, il se trouve au point pour les radiations bleues. J'avais dit que ce phénomène devait permettre à l'œil, grâce à son aberration chromatique, d'économiser notablement son effort d'accommodation en lumière blanche. Effectivement j'ai pu vérifier expérimentalement d'une part que l'effort d'accommodation fourni par l'œil est moindre lorsque le test est éclairé en lumière blanche que lorsqu'il est éclairé en lumière monochromatique, et d'autre part que l'amplitude d'accommodation de l'œil est plus grande en lumière blanche qu'en lumière monochromatique.

J'ai mesuré par voie photographique la dimension des images de Purkinje obtenues par réflexion sur la face avant du cristallin, en vision de loin et en vision de près, le test étant éclairé successivement en lumières bleue, rouge et blanche. La grandeur de l'image, inversement proportionnelle au rayon de courbure de la face avant du cristallin, peut servir de mesure à l'effort d'accommodation fourni par l'œil. Voici les résultats obtenus sur deux

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1156.

observateurs (les chiffres indiqués sont proportionnels à la grandeur de l'image de Purkinje) :

*Observateur* A. I.

| | Test à 2 m. | Test à 20 cm. | (*). |
|---|---|---|---|
| Lumière bleue................ | 20,1 | 13,45 | 1,49 |
| » rouge................ | 18,3 | 12,4 | 1,47 |
| » blanche............... | 18,6 | 13,75 | 1,35 |

*Observateur* J. M.

| | Test à 50 cm. | Test à 15 cm. | |
|---|---|---|---|
| » bleue................ | 34,2 | 24,95 | 1,37 |
| » rouge................ | 33,3 | 23,6 | 1,41 |
| » blanche............... | 33,3 | 25,45 | 1,30 |

(*) Rapport des grandeurs des images obtenues en vision de loin et en vision de près.

On voit que la variation de la grandeur de l'image de Purkinje, traduisant l'effort d'accommodation nécessaire, est moindre en lumière blanche qu'en lumières bleue ou rouge. En vision de loin, l'image de Purkinje obtenue en lumière blanche est sensiblement la même que celle obtenue en lumière rouge ([2]), ce qui correspond au fait que la longueur d'onde de mise au point se trouve dans le rouge pour l'œil désaccommodé. En vision de près, l'image de Purkinje obtenue en lumière blanche est légèrement plus grande que celle obtenue en lumière bleue, ce qui correspond au fait que pour l'œil accommodé, la longueur d'onde de mise au point est plus courte que celle de la lumière bleue utilisée. Pour une distance donnée du test, l'image obtenue en lumière bleue est évidemment plus grande que celle obtenue en lumière rouge, par suite de l'aberration chromatique de l'œil.

Par ailleurs, j'ai mesuré l'amplitude d'accommodation de l'œil à l'aide d'un optomètre de Badal ([3]), le test étant éclairé successivement en lumières bleue, rouge et blanche.

Voir à la page suivante les résultats obtenus sur deux observateurs :

L'amplitude d'accommodation obtenue en lumière blanche est supérieure de près de 1 dioptrie à celles obtenues en lumières bleue ou rouge, grâce à la variation de la longueur d'onde de mise au point accompagnant l'accommodation.

---

([2]) Par *obtenue en telle lumière* il faut entendre *le test regardé étant éclairé en telle lumière*. Les deux points lumineux dont la face avant du cristallin fournit une image de Purkinje, eux, sont évidemment toujours blancs.

([3]) La méthode subjective de Badal est monoculaire et ne favorise guère le relâchement de l'accommodation. On améliore très sensiblement les mesures en faisant regarder à l'œil non étudié un point lumineux éloigné. Si de plus cet œil est hypermétrope, il faut prendre soin de placer devant lui un verre convergent. Toutes ces précautions doivent être prises si l'on veut retrouver les résultats exposés dans cette Note.

*Observateur A. I.*

| | Proximité du punctum en dioptries. Remotum. | Proximum. | Amplitude d'accommodation en dioptries. |
|---|---|---|---|
| Lumière bleue | −0,1 | −6,7 | 6,6 |
| » rouge | 0,8 | −5,6 | 6,4 |
| » blanche | 0,6 | −6,75 | 7,35 |

*Observateur G. R.*

| | Remotum. | Proximum. | Amplitude |
|---|---|---|---|
| » bleue | 1,3 | −4,2 | 5,5 |
| » rouge | 2,1 | −3,6 | 5,7 |
| » blanche | 1,9 | −4,7 | 6,6 |

ZOOLOGIE. — *Un infusoire apostome parasite d'un polychète* : Cyrtocaryum halosydnæ, n. gen., n. sp. Note (*) de M. **Emmanuel Fauré-Frémiet** et M[lle] **Hélène Mugard**, présentée par M. Maurice Caullery.

*Cyrtocaryum halosydnæ* n. gen., n. sp., est, à l'état de trophonte, un Infusoire Astome, montrant l'aspect extérieur et la ciliature homogène des *Anoplophrya*; son macronucléus est réticulé comme celui des trophontes de *Fœttingeria*; libéré dans l'eau de mer, il ne s'enkyste pas et se multiplie à l'état libre, suivant un mode palintomique comportant la différenciation d'un champ ciliaire buccal étroitement comparable à celui des Apostomes; ce champ régresse, chez les tomites thigmotactiques, sans qu'il y ait apparition de la rosette caractéristique des *Fœttingeriidæ*.

*Trophonte*. — *C. halosydnæ* se trouve à l'état de trophonte dans les cœcums latéraux du tube digestif de *Halosydna gelatinosa* (¹); très nettement piriforme, il mesure 90 à 120$^{\mu}$ de long sur 65 à 80$^{\mu}$ de large. Sa ciliature comporte un peu plus de 60 cinéties bipolaires spiralées, toutes apparemment semblables; on n'observe aucune trace de *rosette*, ni d'un dispositif buccal fonctionnel ou résiduel. Les cils de la région antérieure sont fortement thygmotactiques et immobilisent l'Infusoire au contact des surfaces solides.

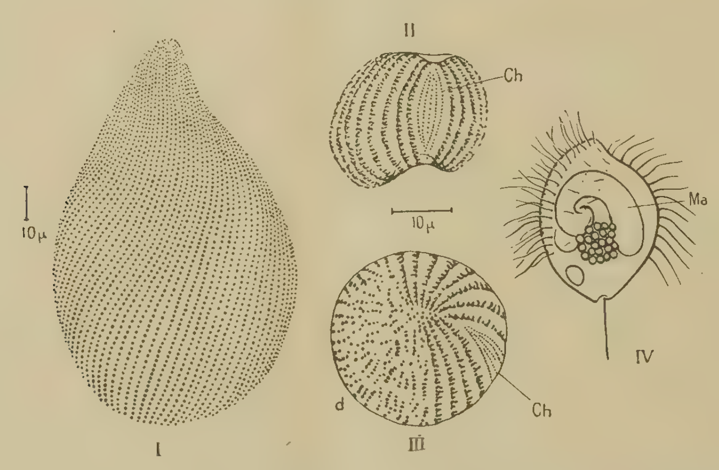
L'appareil nucléaire est constitué par un macronucléus réticulé, comme chez l'Apostome *Pericaryon cesticola*, formant une sorte de cage sphérique et, probablement, par un micronucléus. Le cytoplasme est encombré, à l'intérieur de la cage nucléaire, par des métabolites, tels que des gouttes huileuses osmioréductrices et des vacuoles colorables par le rouge neutre, rassemblées en un gros amas sphéroïdal sombre. Le trophonte se divise,

(*) Séance du 23 mai 1949.

(¹) Exemplaires recueillis près du Laboratoire de Concarneau.

dans les cœcums, par bipartitions légèrement inégales, comportant le partage, sans condensation préalable, du réseau macronucléaire.

*Multiplication palintomique.* — Les trophontes isolés dans l'eau de mer filtrée, après dissection et dilacération des cœcums, nagent activement ou s'immobilisent temporairement sur les interfaces; ils commencent ensuite, sans subir d'enkystement, une multiplication palintomique active. Celle-ci conduit à la formation de chaînes de huit à seize individus subsphériques, adhérentes aux surfaces solides, fragiles, et rapidement dissociées par les mouvements actifs de natation.




*Cyrtocaryum halosydnæ.* I. Infraciliature du trophonte. — II. Tomonte de 3e ou 4e génération montrant le champ buccal *ch.* — III. tomonte vu par le pôle antérieur; champ buccal *ch*, entouré par les cinéties permanentes; cinéties disloquées sur la face dorsale *d.* — IV. Tomite observé *in vivo*; soie caudale; macronucléus *Ma* en boudin; petit amas de globules réfringents.

La taille des individus diminue au cours de cette multiplication, mais le nombre des cinéties ne varie pas et aucune différenciation ne se manifeste dans la ciliature, tant que le diamètre des tomontes reste supérieur à $45^{\mu}$. Par contre, lorsque les divisions suivantes font descendre ce diamètre au-dessous de $40^{\mu}$, on voit se former, à partir d'une cinétie que l'on considérera comme ventrale, un champ de cinétosomes, puis cinq ou six fines et courtes cinéties rapprochées, formant un système étroitement comparable au champ buccal décrit chez les Apostomes par Chatton et Lwoff. Dès ce moment, les cinéties dorso-latérales se disloquent en courts tronçons, dont les cinétosomes se disperseront bientôt en désordre, tandis que persistent, de part et d'autre du champ buccal néoformé, quelques cinéties permanentes, dont le nombre est, dès lors, notablement réduit; après une nouvelle division, ces cinéties prennent une structure finement pectinée et une orientation méridienne.

*Tomites.* — Les tomites sont de très petits Infusoires, mesurant à peine $20^{\mu}$ de long sur $16^{\mu}$ de large, de forme dissymétrique, avec une gouttière antérieure correspondant au champ buccal, dont l'infraciliature n'est plus repré-

sentée que par quelques granules. Le pôle postérieur montre une large surface glabre portant, au centre, une longue soie caudale. Les tomites sont fortement thigmotactiques et s'immobilisent fréquemment; mais ils répondent au moindre choc par un brusque mouvement de nage rapide. Il reste à savoir si les tomites subissent une transformation phorétique sur quelque Crustacé, avant d'infecter *Halosydna*.

*Position systématique.* — Chatton et Lwoff remarquent, à propos de la ciliature buccale montrée par les tomites de *Chromidina*, que « ces faits fournissent le premier exemple de la résurgence d'un appareil buccal chez un Astome, et imposent d'en rechercher l'existence dans les *bourgeons* des *Anoplophryidæ* ». Le cas de *Cyrtocaryum* est intéressant à cet égard, si l'on rappelle que la ciliature, l'aspect extérieur, le parasitisme intestinal chez une Annélide, permettraient de classer cet Infusoire dans le genre *Anoplophrya* (²), tandis que la structure de son macronucléus, le processus palintomique, la structure du champ ciliaire ventral, etc., montrent en lui un Apostome *très voisin* des *Chromidina*, et appartenant de ce fait à la famille des *Chromidinidæ*. Les Infusoires Astomes sont depuis longtemps considérés comme formant un groupe artificiel. Les genres *Chromidina*, et mieux encore *Cyrtocaryum*, montrent que des formes anoplophryennes peuvent dériver d'Infusoires apostomes, par régression de l'appareil buccal et accroissement, chez le trophonte, du nombre des cinéties.

BIOLOGIE. — *Sur le mécanisme des effets provoqués chez les cobayes gravides et leurs fruits par des hydrocarbures cancérigènes.* Note de Mme **Véra Dantchakoff** et M. **J.-L. Nicod**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les hydrocarbures polycycliques (benzopyrène et méthylcholanthrène) introduits dans le cobaye gravide (¹) ne lui ont pas été indifférents. On voit des capillaires se dilater autour du foyer d'intervention, des globules blancs émigrer, des histiocytes se mobiliser, réactions à effets chimiotactiques positifs. Des cellules succombent, d'autres déploient leur capacité régénératrice. Tout en resterait là, si l'intervention ne se répétait pas. Or, les nouvelles lignées cellulaires se montrent plus résistantes aux effets nocifs d'une nouvelle intervention. Il y en a qui succombent encore, mais d'autres, toujours plus nombreuses, sont activées, tout particulièrement dans leur métabolisme synthétique, ce qui aboutit inéluctablement à des processus prolifératifs.

Inoffensifs d'abord, *ces processus troublent néanmoins les corrélations normales*

---

(²) *C. halosydnæ* ressemble beaucoup à l'*Anoplophrya Clignyi* (Cépède) des *Pomatoceros* dont les cinéties sont spiralées.

(¹) *Comptes rendus*, 227, 1648, p. 276 et 228, 1949, p. 1382 et 1525.

*entre les tissus qui s'affrontent dans le foyer atteint.* Souvent des papilles épidermiques se ramifient et forment des excroissances verruqueuses, insuffisamment protégées par une surface cornée et facilement ulcérables. Des petits amas de cellules stimulées et en mitoses apparaissent, si le foyer est profond, sans toutefois que se précise davantage l'antithèse entre tissus sains et atteints.

D'un présage inquiétant, cette réaction n'est pas encore nécessairement menaçante, les corrélations des tissus n'étant pas définitivement viciées, le métabolisme d'aucune des cellules atteintes n'ayant encore abouti à une phase, où une mitose donnera deux cellules-filles, identiques à elles-mêmes et à la cellule-mère, *conditions sine qua non d'une prolifération illimitée et non suivie de différenciation.*

On croit devoir admettre un stade critique dans l'évolution du cancer, un changement subit, que l'on compare à une mutation, terme emprunté à la génétique Morgano-Mendélienne et qui prête à une confusion notable. *Le passage du stade précancéreux à une cancérisation définitive*, s'échelonnant nécessairement sur une longue durée, *est* cependant *un état graduellement acquis*. provoqué par des *agents spéciaux*, *fortement stimulants*, à résultat fréquemment létal pour des cellules individuelles. La plupart des cellules sont douées de potentialités prolifératives; elles réagissent à des *facteurs cancérigènes variés*, exactement comme les ébauches sexuelles réagissent de la même manière et aux hormones naturelles, et à des substances chimiques artificielles. C'est là une *propriété inhérente aux cellules* que, bon gré, mal gré, nous devons accepter.

Ce n'est certainement pas la cellule atteinte lors de la première intervention qui demeure des années à attendre sa cancérisation, mais les *descendants de cellules épargnées*, qui, *à chaque nouvelle intervention*, *intensifient leur faculté régénératrice*, leur *pouvoir synthétique* devenant *toujours plus parfait* et *toujours moindre leur pouvoir de se différencier*. C'est-à-dire que, dans nos expériences, l'hémoblaste en mitose donnera deux cellules identiques à lui-même; et aucune déficience dans leur structure ne poussera ces cellules-filles à se transformer en érhythroblastes et à se rapprocher, de stade en stade, de la plaquette anucléée, l'érhythrocyte, apanage des Mammifères.

*Aucun organite n'est nécessairement vicié dans un hémoblaste activé, dont le mécanisme mitotique aboutit à deux cellules-filles identiques à lui-même.* Vigoureuses et agressives, celles-ci prennent le dessus dans l'équilibre stabilisé de l'organisme et se propagent au détriment du milieu tissulaire ambiant. La *cancérisation devient irréversible, lorsque les corrélations normales entre le groupe de cellules atteintes et leur milieu ambiant ont été définitivement rompues.*

La métaplasie de la rate, réalisée chez les cobayes gravides, a été provoquée par des hydrocarbures polycycliques introduits en injections sous-cutanées, véhiculés par le sang, ou déposés dans le tissu splénique, après avoir été ingérés par des phagocytes. Ces *substances cancérigènes* ont, d'autre part, *filtré à travers le placenta* de la mère gravide et, si elles ont été administrées en quantité suffi-

sante, ont rapidement tué le fruit. A dose soigneusement équilibrée, elles ont provoqué dans le fruit des altérations multiples, dont les manifestations dans le système hémopoiétique sont semblables à celles de la mère.

Le *passage des substances cancérigènes au travers du placenta* pourrait donc se révéler comme *un facteur important dans la transmission du cancer par la mère à son fruit.* Si ces substances, comme il y a lieu de le supposer, sont capables de modifier des facteurs essentiels dans le métabolisme de la cellule (pouvoir de produire des enzymes, des autocatalyseurs), *leurs effets pourraient se réaliser aussi bien dans le fruit, que dans la lignée germinale de ce dernier. On aurait alors trois étapes successives réalisant les effets néfastes de la présence des substances cancérigènes dans une femelle gravide.*

BIOLOGIE. — *Sur un cas de régénération anormale chez la Némerte* Lineus ruber β. Note (*) de M^lle **Marie Gontcharoff**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

On sait que chez *Lineus ruber* β la polarité corporelle, antéro-postérieure est stricte. Dans les fragments de ce Ver, quelles que soient leurs dimensions, l'extrémité antérieure régénère toujours une tête, l'extrémité postérieure une queue et à ma connaissance, chez les *Lineidæ* aucune hétéromorphose n'a été signalée jusqu'ici. En août 1948, au cours d'une récolte dans l'ancien vivier du Laboratoire Arago (Banyuls-sur-Mer), j'ai recueilli un fragment semblant, d'après l'aspect général, appartenir à un *Lineus* β mais dont la détermination s'avérait difficile car il ne possédait ni tête, ni région caudale. Ce fragment était de couleur rose chair, lové en spires serrées, une extrémité paraissant cicatrisée, l'autre portant une plaie béante.

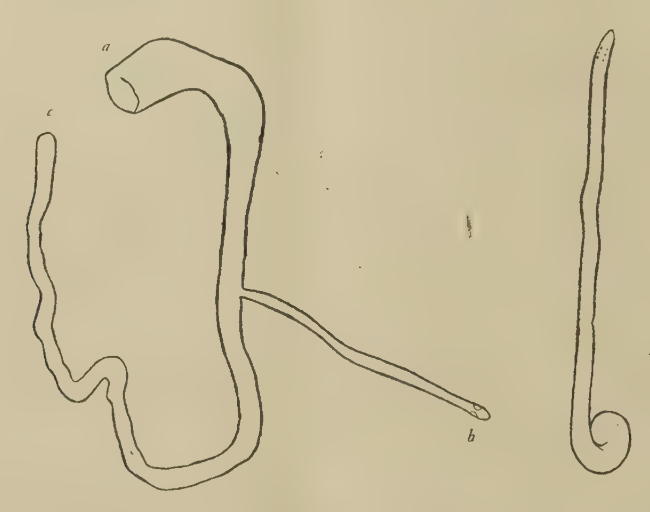
Examiné à la loupe binoculaire, l'animal se montrait peu mobile, contracté et réagissant mal à la lumière, mais présentait à la jonction des faces ventrale et dorsale une excroissance longue de 3-4$^{cm}$ en extension, fine, mobile, perpendulaire au corps. L'extrémité libre de l'excroissance portait un bourgeon clair, bien apparent, ayant tout l'aspect d'une tête en régénération avec ébauche ganglionnaire déjà visible. Quatre jours plus tard, la plaie à l'une des extrémités du Ver n'est toujours pas cicatrisée.

La régénération de la jeune Némerte latérale se poursuit et s'achève rapidement, puis le Ver se détache de la souche emportant avec lui une partie du corps de la Némerte mère.

Dès ce moment, à l'extrémité qui présentait à l'origine une plaie béante et a fini par se cicatriser lentement sans bourgeonner, un bourgeon apparaît et une tête régénère à son tour dans les délais normaux.

(*) Séance du 23 mai 1949.

La Némerte détachée a conservé pendant longtemps une extrémité postérieure anormalement renflée et n'a acquis une forme normale que vers le mois de mars où nous l'avons alors fixée.




*A gauche*, aspect schématique du fragment récolté : *a*, extrémité antérieure; *b*, Némerte latérale; *c*, extrémité postérieure cicatrisée. — *A droite*, Némerte médiane libérée.

L'étude histologique montre une régénération complète, en même temps qu'une infestation parasitaire massive (Grégarines). Plusieurs essais effectués pour obtenir expérimentalement, dans les conditions semblables (sections simultanées ou successives des deux extrémités avec lésion latérale concomitante), une régénération latérale, n'ont donné aucun résultat. Si l'on se souvient que pour obtenir une Némerte bicéphale, il faut faire, non seulement, une section médiane antérieure, mais encore raviver tous les jours la plaie, sinon la cicatrisation sans régénération intervient, on comprend qu'il nous ait paru intéressant de signaler ce cas vraiment exceptionnel.

## CHIMIE BIOLOGIQUE. — *A propos de la clitocybine cristallisée.*

Note (*) de M. **A.-Charles Hollande**, transmise par M. Robert Courrier.

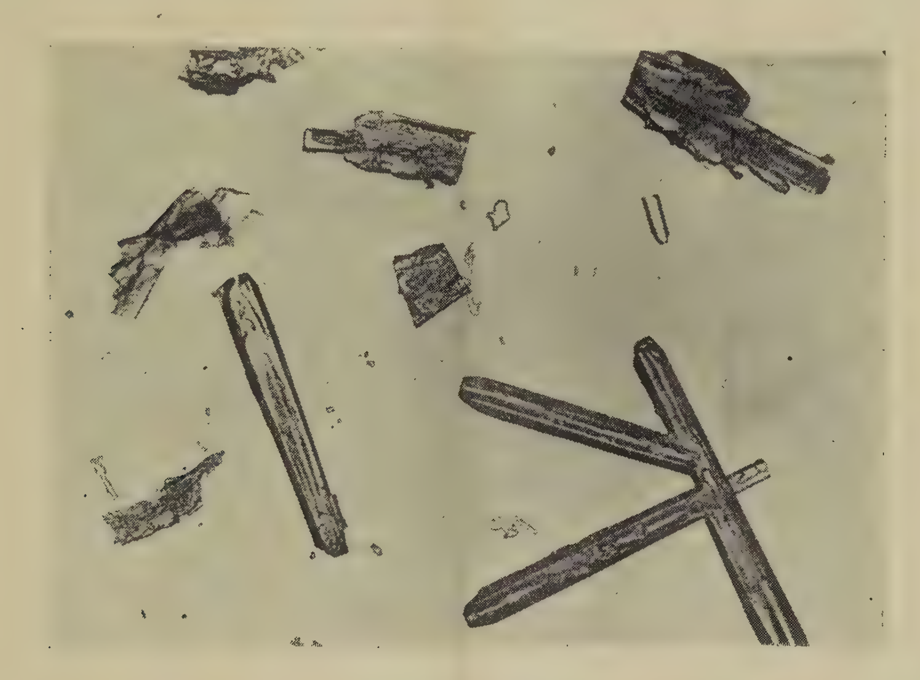
Je suis parvenu à extraire, par divers solvants, du *Clitocybe gigantea*, et de son mycélium de culture (milieu à base de son, carotte et autolysat de levure) la clitocybine à l'état de grande pureté et à l'obtenir cristallisée.

Les cristaux de clitocybine sont, en particulier, solubles dans l'éther sulfurique, l'alcool éthylique, l'acétone et l'eau. Ils fondent sur bain de mercure à + 77° et se resolidifient à + 71° (surfusion).

(*) Séance du 23 mai 1949.

Ils appartiennent au système orthorhombique dont les faces sont $m(110)$, $p(0,01)$ et $e^x(o, q, r)$ (¹).

Ils se présentent sous des formes diverses. Évaporée rapidement, la solution d'éther sulfurique donne des cristaux lamelleux, nacrés, en forme de dendrites, de plumes d'oie, d'éléments digités ; lentement évaporé, l'éther riche en clitocybine donne des cristaux épais, allongés (quelques millimètres), incolores, hyalins, transparents (*fig.* 1).



Cristaux de clitocybine.

Ces cristaux s'oxydent assez facilement à l'air humide en prenant une couleur ocrée ; ils deviennent alors moins solubles dans l'éther.

Lors de son extraction, la clitocybine est souvent accompagnée d'une substance pigmentée jaune ; cette impureté permet la transformation plus ou moins rapide des cristaux à l'air humide, en gouttelettes jaunes d'aspect huileux.

Les cristaux purs de clitocybine, très solubles dans l'eau, tachent les téguments humains en brun.

Ils présentent, ainsi que leur solution aqueuse, toutes les propriétés abiotiques de l'eau de macération du carpophore ou du mycélium de culture broyés.

Ils sont bactériostatiques vis-à-vis des bactéries influencées par la clitocybine A.

---

(¹) Données de M. le professeur Chatelain.

Les cristaux de clitocybine possèdent à la fois les propriétés des clitocybines A et B dont ils sont la source.

Envers le bacille tuberculeux, les cristaux de clitocybine, de même que leur solution aqueuse, sont bactériostatiques et batériolytiques. Ces propriétés disparaissent par chauffage des solutions à 100°.

Quelques cristaux déposés à la surface d'une boîte de Pétri où s'est développée en 48 heures à 37° une culture opalescente de BK humain (stade dit *forme jeune* du bacille A-R), déterminent autour deux, comme leur solution aqueuse, en 24 à 48 heures à 37°, une auréole claire, indice de la bactériolyse des bacilles vivants (²).

En injection sous-cutanée, deux centigrammes de clitocybine cristallisée (solution aqueuse) ne tuent pas le cobaye de 350ᵍ (absence de nécrose locale).

La clitocybine, dont la nature chimique est à l'étude, n'est pas une protéine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les antipodes optiques de l'histidine comme sources de carbone et d'azote pour diverses bactéries* (¹) (²). Note de M. **Jacques Nicolle** et Mlle **Yvonne Joyeux**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Employant notre milieu synthétique habituel (³), nous avons utilisé les antipodes optiques de l'histidine, sous forme de monochlorhydrate, comme source de carbone ou comme source d'azote.

I. Avec les mêmes espèces bactériennes que celles signalées dans nos dernières Notes (⁴) (⁵), nous avons obtenu les résultats suivants :

1° *d(+) histidine, comme source de carbone ou d'azote.* — Aucune croissance n'a jamais pu être observée.

2° *l(—) histidine, et dl histidine*

| Sources. | Espèces. | Résultats. |
|---|---|---|
| *a.* de carbone et d'azote | E. Coli, Morgan II, Paratyphique A, Eberth, Flexner, Shiga. | Aucune croissance |
| *b.* de carbone et d'azote | Gärtner, Pyocyanique, Friedländer, Subtilis. | Croissances normales |
| *c.* de carbone seulement | Typhi murium, Paratyphique B. | » |
| *d.* d'azote seulement | Protéus | » |

*N. B.* Aucune expérience n'a été réalisée avec l'espèce Morgan I.

---

(²) Ce que ne fait pas la streptomycine non bactéricide, seulement bactériostatique.

(¹) Produits de la maison Hoffmann-La Roche, Paris.

(²) Souches de l'Institut Pasteur de Paris.

(³) A. Lwoff, F. Nitti et Mme Tréfouël, *Ann. Inst. Pasteur, Paris*, 67, 1941, p. 177.

(⁴) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 161.

(⁵) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1057.

2. Nous présentons ci-dessous des courbes de croissance d'une souche de Pyocyanique. Les mesures de densités optiques ont été réalisées au moyen de l'électrophotomètre Meunier.

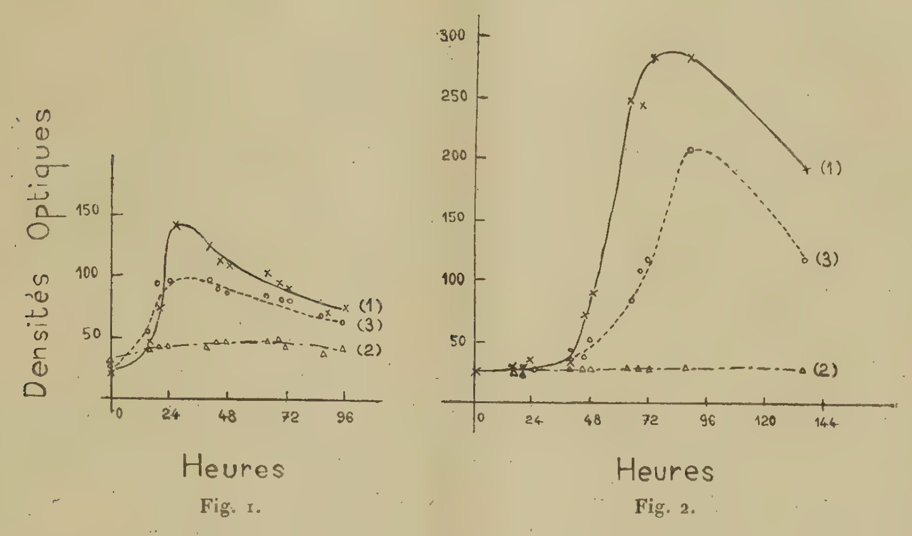



Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Souche de Pyocyanique.
Comme source de carbone : (1) *l* (—) histidine; (2) *d* (+) histidine; (3) *dl* histidine.

Fig. 2. — Souche de Pyocyanique.
Comme source d'azote ; (1) *l* (—) histidine; (2) *d* (+) histidine; (3) *dl* histidine.

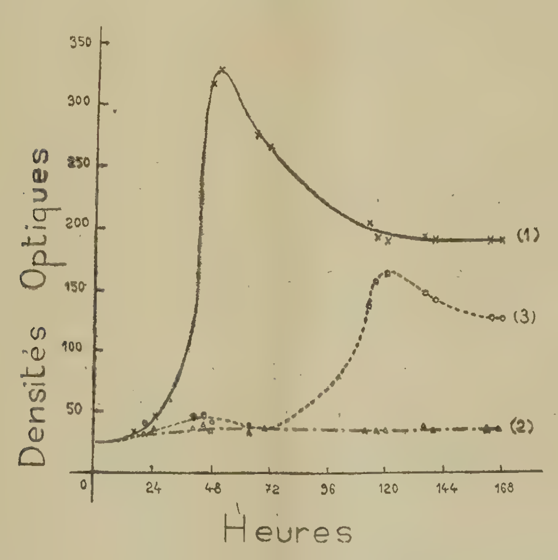



Fig. 3. — Souche de Pyocyanique.
Comme sources de carbone et d'azote : (1) *l* (—) histidine; (2) *d* (+) histidine; (3) *dl* histidine.

3. Nous avons essayé de voir si la $d(+)$ histidine avait une action empêchante sur la croissance des espèces cultivées normalement dans notre milieu synthétique avec le $d(+)$ glucose comme source de carbone. De nombreuses

expériences réalisées avec des proportions croissantes de $d(+)$ histidine variant de $1^{mg}$ à $35^{mg}$ pour $5^{cm^3}$ de milieu, n'ont révélé aucune action sur les croissances qui se sont poursuivies normalement. Nous avons opéré avec diverses souches d'E. Coli et de Protéus.

4. Bien que n'ayant observé aucune croissance avec la $d(+)$ histidine, nous avons cherché si certaines espèces ne pourraient pas se développer après plusieurs passages successifs de E. Coli, de Typhi murium, de Pyocyanique, de Protéus, dans des milieux contenant comme source de carbone ou d'azote de l'histidine $d(+)$, mais n'avons jamais observé de développement.

Il semble donc résulter de l'ensemble de nos expériences que seul l'antipode naturel de l'histidine, c'est-à-dire celui de la série *l* soit susceptible d'être utilisé par les bactéries envisagées.

PHARMACOLOGIE. — *Action anticonvulsivante et structure moléculaire de quelques composés hétérocycliques pentagonaux.* VI. *Influence de la substitution en* 5. Note (*) de MM. **René Hazard**, **Jean Cheymol**, **Pierre Chabrier** et M[lle] **Klaudia Smarzenwska**, transmise par M. Léon Binet.

Nous avons étudié déjà (1) dans le squelette fondamental [formule (I)]

| (I) | (II) | (III) | (IV) |
|---|---|---|---|
| $R, R_1 > C$ (5) — C= (1, 2) — N—$R_2$ (3, 4) | $R, R_1 > C$ — NH CS — CS NH | $R, R_1 > C$ — NH CO — CO NH | $R, R_1 > C$ — O CO — CO NH |

l'influence de l'isostérie dans le noyau et l'influence réciproque des substitutions en 3 et 5. Retenant de ces travaux l'intérêt anticonvulsivant des dithiohydantoïnes, nous avons recherché l'influence de la méthylation et de l'iodométhylation au soufre en 2 et 4. Dans le présent Mémoire, nous envisageons, par rapport à la crise pentétrazolique chez le Lapin, les différences d'activité anticonvulsivante entraînées par les substitutions portant sur R et $R_1$ dans la série des dithiohydantoïnes [formule (II)]. Nous comparons ces résultats avec ceux que l'on obtient avec quelques dérivés des hydantoïnes [formule (III)] et oxazolidines 2-4 dione [formule (IV)] (2).

Le tableau résume les propriétés physiques des différents composés et les résultats pharmacologiques qu'ils ont fournis pour R ou $R_1$=H, $CH_3$, $C_2H_5$, $C_6H_5$ et cyclohexyl.

(*) Séance du 16 mai 1949.

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1850, 2018; **227**, 1948, p. 312, 736; **228**, 1949, p. 958.

(2) Tous les produits sont injectés par voie intraveineuse à la dose de $50^{mg}$ par kg.

| N° du corps. | Constitution. | Point de fusion. | Crise pentétrazolique — nombre d'animaux. | Crise pentétrazolique — protection (%). |
|---|---|---|---|---|
| | *Série des 2-4 dithiohydantoïnes.* | | | |
| 32 | dithiohydantoïne... | >300° | 5 | 0 |
| 26 | 5-méthyl » ... | 225 | 4 | 0 |
| 7 | 5.5-diméthyl » ... | 142 | 66 | 100 |
| 17 | 5.5-méthyléthyl » ... | 147 | 18 | 100 |
| 24 | 5.5-diéthyl » ... | 151 | 6 | 100 |
| 33 | 5.5-méthylphényl » ... | 169 | 12 | 40 |
| 34 | 5.5-éthylphényl » ... | 167 | 32 (*) | 60 |
| 29 | 5.5-diphényl » ... | 254 | 5 | 40 |
| 30 | 5-cyclohexyl » ... | 261 | 8 | 87 |
| | *Série des monothiohydantoïnes.* | | | |
| 9-10 (**) | 5.5-diméthyl 2 ou 4 thiohydantoïne... | 176 et 245 | 17 | 50 |
| 14 | 5.5-méthyléthyl-2-thiohydantoïne.... | 104 | 10 | 40 |
| 28 | 5.5-diphényl-2-thiohydantoïne...... | 235 | 7 | 28 |
| | *Série des hydantoïnes.* | | | |
| 6 | 5.5-diméthylhydantoïne............ | 175 | 14 | 50 |
| 27 | 5.5-diphénylhydantoïne............ | 295 | 5 | 0 |
| | *Série des oxazolidines 2-4 dione.* | | | |
| 1 | 5.5-diméthyloxazolidine 2-4 dione.... | 75 | 34 | 28 |
| 12 | 5.5-méthyléthyloxazolidine 2-4 dione. | 31 | 11 | 20 |

(*) A la dose de 25 mg/kg seulement, la dose de 50^mg entraînant des crises parfois mortelles.

(**) 9 et 10 représentent les deux isomères de position en 2 et 4 pour —CO et —CS.

La dithiohydantoïne est inactive et toxique. La présence d'un méthyle diminue la toxicité sans faire apparaître d'efficacité. Les trois dérivés (7) diméthyl, (17) méthyléthyl, (24) diéthyl sont les plus anticonvulsivants des corps examinés (100 % de protection); mais l'allongement de la chaîne en 5 fait apparaître un effet hypnotique et exalte la toxicité (D. L 50 souris : (7), 350^mg; (17), 140 mg/kg; (24), 200 mg/kg) et paralysie du train postérieur chez le Lapin avec (17) et (24).

L'introduction d'un, puis de deux radicaux phényl diminue l'activité et augmente considérablement la toxicité; par exemple avec (33), les lapins font d'emblée une crise tonique pour 50 mg/kg, de l'ataxie pour 25^mg et de l'incoordination motrice pour 10^mg. La D.L 50 souris passe à 60^mg pour (33), 70^mg pour (34) et 80^mg pour (29). Par contre l'efficacité sédative persiste à dose faible 12,5 mg/kg pour (34) [3].

---

[3] (34) est l'homologue dans la série de la dithiohydantoïne, du *nirvanol*, phényléthylhydantoïne.

Le dérivé diphénylé (29) prolonge les crises pentétrazoliques et laisse même chez les animaux protégés une fatigue persistante. Quant au dérivé cyclohexyl (30), il est peu toxique (D.L 50, 300 mg/kg); il assure un pourcentage de protection élevé, mais ne protège jamais complètement; les animaux restent très excités, effectuant des sauts sur place.

Il est intéressant de comparer dans les trois séries les dérivés diphénylés (29), (27) et (28), le dérivé dithio étant le plus actif, la diphénylhydantoïne inactive et le dérivé monothio intermédiaire entre les deux. Dans un autre Mémoire nous rapporterons leur activité différente sur la crise électrique. Tous trois ont une toxicité marquée entraînant des crises et laissant des paralysies persistantes du train postérieur, chez les lapins, avec (28) par exemple.

De la comparaison des dix-sept corps examinés, *sur la crise pentétrazolique*, il résulte que la substitution en 5 par des radicaux méthyl ou éthyl est plus favorable que par des radicaux phényl : toxicité moindre, activité plus grande. Comme nous l'avons montré parmi les composés étudiés dans des recherches antérieures, la diméthyldithiohydantoïne s'avère le corps le plus actif pour la toxicité la plus faible.

MICROBIOLOGIE. — *Le virus de la Peste aviaire du Maroc.* Note de MM. **Jean Verge**, **L. Placidi** et **J. Santucci**, présentée par M. René Leriche.

L'épizootie de Peste aviaire, qui sévit depuis plus d'un an et s'est généralisée à tout le Maroc, a permis des observations nombreuses, cliniques et nécropsiques, ainsi que des recherches expérimentales qu'il nous paraît intéressant de faire connaître.

D'une façon générale, on remarque que la contagion ne s'est pas étendue avec une grande rapidité, bien qu'il soit difficile de déterminer les foyers initiaux. L'infection évolue de facon capricieuse; tantôt elle provoque en quelques jours la mort rapide de 100 % des animaux, tantôt elle fait succomber seulement 50 % des sujets après un délai qui oscille d'une à plusieurs semaines.

Les symptômes respiratoires, à peu près constants, ne présentent cependant rien de caractéristique; seules les manifestations nerveuses sont la signature de la maladie, mais elles n'existent pas fatalement. Après atteinte de l'encéphale, le malade succombe toujours, en un temps parfois fort long et pouvant aller jusqu'à trois mois.

Les seules lésions nécropsiques intéressantes sont les hémorragies papillaires du ventricule succenturié et les ulcères des dernières parties du tube digestif, surtout des cæcums.

Le virus est mis facilement en évidence par inoculation du broyat d'organes à la Poule adulte. On le décèle ainsi dans la rate, le foie, le cerveau, le sang.

Le filtrat de ces dilutions sur bougie L3 reproduit très facilement la maladie. On note des troubles respiratoires accompagnés des symptômes habituels des grandes infections chez les volailles, mais pas de troubles nerveux. Aucun signe particulier à l'autopsie.

L'infection est obtenue aisément par l'ingestion naturelle ou le gavage, de même que par le badigeonnage du cloaque. Mais les inoculations sous-cutanée et surtout intramusculaire sont les modes les plus sévères de transmission du contage.

Le passage de poule à poule ne modifie pas le virus qui paraît fixé dès les premiers passages et tue la poule en 6 à 8 jours, exceptionnellement plus.

La virulence ne semble pas non plus se modifier au cours de l'épizootie naturelle. Les dernières souches isolées présentent les mêmes caractères et le même pouvoir pathogène que les souches initiales.

La poule et le dindon sont les seuls atteints. Le pigeon qui ne contracte pas la maladie naturelle, est également réfractaire à l'inoculation de fortes doses, même dans le cerveau. Le canard offre une résistance identique. Le cobaye et le lapin peuvent ingérer longtemps et impunément des quantités considérables de matières virulentes. Ils ne réagissent pas, non plus, à l'inoculation. Nous avons obtenu cependant la mort de deux lapins en 15 et 24 jours par injection intracérébrale d'une dilution d'un broyat d'encéphale d'une poule, laquelle a succombé à des lésions cérébrales évoluant de façon ralentie depuis plus de 3 mois. Repassé sur la poule, ce virus a provoqué la mort en 8 jours; en revanche il n'a eu aucune action sur deux nouveaux lapins inoculés dans le cerveau comme les premiers.

Les souches isolées de régions diverses se montrent identiques. L'évolution clinique ne varie pas, sous réserve du résultat des expériences d'immunité croisée; il n'y a pas de raison, pour le moment, de songer à la pluralité du virus en cause.

L'agent virulent conserve entièrement ses propriétés, à 0° et pendant 6 mois au moins, dans la moelle osseuse, la rate, le foie, l'encéphale. Inoculé à l'embryon de poulet de 10 jours, il entraîne la mort en 36 à 48 heures, avec les lésions hémorragiques classiques.

Le broyat de l'embryon et le filtrat de la dilution sur bougie L3 reproduisent la maladie chez la poule. On a constaté qu'après le 18e passage la virulence est légèrement atténuée; sur huit poules, deux succombent avec un peu de retard (9e et 10e jour).

Dix passages sur embryon de canard n'ont pas modifié la virulence pour la poule.

La pénicilline n'a aucune action sur le virus et peut être utilisée pour sa conservation.

Des expériences d'immunité croisée en cours nous permettront de déter-

miner la place de cette souche parmi les virus pestiques et pseudo-pestiques des volailles. Il est permis de la rapprocher, provisoirement, de la Peste aviaire égyptienne qui a fait l'objet des recherches de Lagrange (1).

IMMUNOLOGIE. — *Sur la dissociation des fonctions antigènes et anticorps de quelques immunsérums.* Note (*) de MM. **Maurice Doladilhe** et **Pierre Legrand**, transmise par M. Gaston Ramon.

Lorsqu'on tente de différencier, par l'anaphylaxie, ce que depuis Hofmeister on a convenu d'appeler sérum-globuline et sérum-albumine on échoue régulièrement parce que ces deux protéides réagissent l'un sur l'autre.

Dans des Notes antérieures l'un de nous (1) puis Mazille (2) ont montré que la réaction anaphylactique de la sérum-albumine sur la sérum-globuline est imputable aux impuretés globuliniques (3) qu'y laissent toujours subsister les méthodes classiques de fractionnement.

Ce n'est, en effet, que par l'emploi de méthodes particulières [dialyso-électrolyse (4), sels de certains métaux lourds] qu'on peut éliminer ces impuretés; une fois purifiée la sérum-albumine se révèle non antigénique et se comporte donc comme une substance dénuée de propriétés anaphylactiques.

C'est ainsi que l'un de nous a été amené à conclure avec Mazille que la globuline est vraisemblablement l'agent antigènique du sérum sanguin.

Par contre, tous les auteurs ont vérifié que la sérum-globuline est dotée de la fonction anticorps; les uns attribuent ce fait à la fixation par ce protéide de l'anticorps édifié au cours de l'immunisation (5), les autres, au contraire, à une modification structurale de la globuline (6) au cours de cette même immunisation (7).

La globuline extraite d'un immunsérum par les méthodes classiques exerce indéniablement la fonction anticorps, malheureusement elle est, en même temps, dotée du pouvoir antigène.

Cette coexistence rend très délicate, pour le médecin, l'introduction des

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 103, 1930, p. 142 et 979.

(*) Séance du 23 mai 1949.

(1) Doladilhe, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 66.

(2) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 927.

(3) Tisélius, *Biochem. J.*, 31, 1937, p. 313 et 1944.

(4) Mazille, *Thèse Doct. ès sciences.* Montpellier, 1944.

(5) Élie Wollman, *La nature chimique des anticorps*, 1943.

(6) Macheboeuf et M. Faure, *Constitution chimique des anticorps* (*Exposés annuels de Biochimie médicale*, 3, 1942, p. 134-61); Macheboeuf, *Conceptions modernes sur la structure des anticorps* (*Exposés annuels de Biochimie médicale*, 8, 1948, p. 245).

(7) Grabar, *Bull. Soc. Chimie biologique*, 26, 1944, p. 298.

immunsérums par la voie intraveineuse, bien qu'il soit démontré que les effets thérapeutiques sont plus intenses et plus rapides que par les voies parentérales.

Des travaux américains viennent d'ailleurs de mettre en évidence l'extrême gravité des chocs anaphylactiques, déclenchés ainsi chez les sujets sensibilisés au cours de leur existence, par une ou plusieurs injections d'un sérum thérapeutique ([8]).

Tous les efforts effectués en vue d'obtenir l'anticorps dépourvu d'activité antigénique ([9]) ou de supprimer cette activité sans détruire l'anticorps ont échoué ([10]).

Adoptant comme hypothèse de travail celle qui considère l'anticorps comme une substance étrangère à la sérum-globuline, mais fixée sur elle, nous avons essayé de le déplacer de ce substratum pour le fixer sur la sérum-albumine de façon à dissocier les fonctions antigènes et anticorps. Nos premiers résultats qui sont encourageants font l'objet de cette Note.

Le principe de cette dissociation est simple : la sérum-globuline est insolubilisée par la méthode de fractionnement exposée dans notre précédente Note ([11]) sous forme d'une combinaison avec le plomb. Cette insolubilisation, qui s'effectue en présence de la solution de sérum-albumine, provoque la désorption de l'anticorps qui se fixe sur les molécules d'albumine.

Le rendement n'a pas encore atteint 100 % ; on ne retrouve, en effet, dans le sérum-albumine que 50 % à 60 % de l'anticorps, mais on obtient une solution d'albumine anti-corps non antigénique et par conséquent dépourvue d'activité anaphylactique.

Nos expériences ont été effectuées sur les sérums agglutinant les bacilles typhiques (*Eberthella typhi*), *Salmonella paratyphi* A et *Salmonella paratyphi* B, ainsi que sur les sérums hémolytiques antimouton.

Dans ces essais (qui s'étayent sur une année) nous avons toujours obtenu des solutions de sérum-albumine non anaphylactisantes, mais possédant entre 50 % et 60 % des anticorps de l'immunsérum originel.

Signalons enfin que les vérifications de l'inertie anaphylactiques de ces solutions anticorps ont été faites sur 200 cobayes et même effectuées sur l'Homme par le docteur Chamozzi ([12]).

Ces résultats apportent une première contribution au problème de la séparation des fonctions antigène et anticorps en démontrant qu'il est possible de détruire la première tout en conservant une notable partie de la seconde.

Signalons enfin que les recherches en cours nous laissent espérer la possibilité d'une récupération plus importante de l'anticorps.

---

([8]) Rutstein, Reed, Langmur et Rogers, *Arch. of internal medecine*, **68**, 1941, p. 25-56.

([9]) Huntoon, Masucci et Harmum, *Jour. Amer. Chem. Soc.*, **42**, 1920, p. 2654.

([10]) Sandor et Goldie, *C. R. Soc. Biologie*, **127**, 1938, p. 942; **131**, 1939, p. 49.

([11]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1383.

([12]) *Thèse médecine*, Lyon, 1944.

IMMUNOLOGIE. — *Sur la préparation d'antigènes immunisants et d'allergènes par l'hydrolyse pepsique de certaines bactéries.* Note de MM. **Louis Delpy** et **Mír Chamsy**, présentée par M. Gaston Ramon.

Au cours de recherches déjà anciennes portant particulièrement sur *Pasteurella septica*, l'un de nous avait constaté que les corps microbiens tués par la chaleur ou les antiseptiques coagulants, peuvent être inoculés aux animaux réceptifs, et être résorbés, sans faire apparaître un état d'immunité appréciable. Si toutefois la stérilisation des suspensions est réalisée de telle manière que les corps microbiens ne soient pas fixés, mais au contraire désintégrés, des doses de bactéries équivalentes ou plus faibles ont un pouvoir antigénique d'autant plus grand que la désintégration est plus complète.

Si les vaccins constitués par des suspensions stérilisées de *Pasteurella* présentent parfois un certain pouvoir immunisant, ils le doivent à l'autolyse partielle qui survient à l'insu du préparateur, avant que la fixation des bactéries soit accomplie. Les corps microbiens restés intacts n'ont aucune action spécifique, mais retardent la résorption de l'antigène au point d'inoculation.

Se basant sur ces observations, L.-P. Delpy et R. Rastegar (1) ont préparé un vaccin constitué par des suspensions de *P. septica* partiellement lysées grâce à l'action de certaines saponines. Ce vaccin est depuis dix ans largement utilisé en Iran pour l'immunisation des bovidés contre la septicémie hémorragique, mais en raison de la toxicité des saponines, il n'a pu être adapté aux autres espèces animales.

Après avoir tenté à l'aide d'agents physiques et chimiques non toxiques de solubiliser les bactéries ou d'en extraire les fractions antigéniques, nous avons eu recours à la simple digestion pepsique, d'abord très ménagée, puis suffisamment énergique pour obtenir l'hydrolyse totale de suspensions concentrées.

Toutes les bactéries ne sont pas également sensibles à l'action de la pepsine.

Les *Pasteurella*, le vibrion cholérique, les *Salmonella* et les *Brucella* sont aisément hydrolysées à pH 3,0 et à 37° en des temps qui vont de 10 à 24 heures. Pour d'autres microbes, tels que *Malleomyces malleï*, la température doit être portée à 42°. D'autres enfin, tels *B. anthracis* (formes mycéliennes), ou *M. tuberculosis*, ont résisté jusqu'à présent à l'action de l'enzyme, quels que soient les artifices mis en œuvre.

Dans le cas des bactéries facilement hydrolysables, comme *P. septica* par exemple, l'obtention de l'antigène est des plus simples. Une suspension en eau distillée de *Pasteurella* vivantes, est amenée à pH 3,0, et additionnée d'une quantité de pepsine qui varie avec le poids des microbes et le titre de la diastase, puis portée à 37° pendant 12 heures. Il suffit ensuite de neutraliser l'hydrolysat,

---

(1) *Bulletin Acad. Vétérinaire*, 9, 1938, n° 4.

qui, additionné d'une substance protectrice, conservera ses propriétés pendant au moins un an, sans précautions spéciales.

Les points suivants doivent être pris en considération :

1° La teneur en corps microbiens de la suspension variera selon les bactéries et les espèces à immuniser. Dans le cas de *P. septica*, la dose immunisante pour les Bovidés doit renfermer l'équivalent de 1 milliard de corps microbiens, et, pour les Rongeurs et les Gallinacés, au moins l'équivalent de 4 milliards.

2° L'action immunisante ne se manifeste pleinement que si la résorption de l'antigène est retardée, au point d'inoculation, par l'addition d'une substance adjuvante de l'immunité telle que l'alun ou le gel d'alumine. Nous trouvons ici une nouvelle application du phénomène général dont la connaissance est due à G. Ramon.

Les substances adjuvantes inertes peuvent être remplacées par des spores charbonneuses atténuées. Nous préparons ainsi un vaccin mixte contre la fièvre charbonneuse et la septicémie hémorragique. Ce vaccin peut être desséché après congélation, de même que le vaccin mixte contre la clavelée et la fièvre charbonneuse, qui a fait l'objet d'une précédente Note ([2]).

3° L'hydrolysat des souches les plus virulentes de *P. septica* n'est pas toxique. Ce fait est à comparer aux observations de Stamatin, Serbanescu et Vladeanu ([3]), qui ont constaté la toxicité des lysats de *P. avicida*, obtenus par l'action de la pénicilline.

Par contre certains hydrolysats, tel celui de *M. malleï*, sont très toxiques, mais peuvent être détoxiqués par l'action combinée du formol et de la chaleur. Dans le cas particulier de *M. malleï*, le produit obtenu semble incapable de provoquer une réaction de défense de la part des organismes neufs, mais il détermine chez les animaux en état d'infection une réaction allergique spécifique. Ce produit peut donc être utilisé à la place de la malléine, pour le diagnostic de la morve. Ce fait a été vérifié en éprouvant comparativement avec l'hydrolysat, et avec une malléine standard, d'importantes séries de chevaux de l'armée iranienne, comportant des sujets neufs et infectés.

4° Dans le cas des *Pasteurella*, l'immunité conférée par les hydrolysats permet aux sujets traités par une seule dose, de tolérer, sans réaction, l'inoculation d'au moins dix doses d'épreuve dont une seule tue les témoins en moins de 48 heures. Les propriétés antigéniques des hydrolysats des autres microbes pathogènes sensibles à l'action de la pepsine sont actuellement à l'étude.

A $16^{h}45^{m}$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $17^{h}10^{m}$. R. C.

---

([2]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 158.

([3]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2022.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

### Ouvrages reçus pendant les séances d'avril 1949.

Université d'Istanbul. Faculté des sciences. *Recueil de mémoires commémorant la pose de la première pierre des nouveaux Instituts de la Faculté des sciences.* Istanbul, Kenan Matbaasi, 1948; 1 vol. 24cm,5.

*Remarques et compléments aux Tables numériques universelles,* par Marcel Boll. Paris, Dunod, 1949; 1 fasc. 27cm.

*Die Jahrhundertfeier des Österreichischen Akademie der Wissenschaften* vom 11 *bis*, 16 Mai 1947. Wien, 1948; 1 vol. 19cm.

Annales universitatis Mariæ Curie-Sklodowska. Lublin. Sectio C, Vol. I, 1946. Roczniki Uniwersytetu Marii Curie-Sklodowskiy w. Lublinie. *Nauki Biologiczne.* T. I. Lublin, 1946-1947; 1 vol. 26cm.

*Observaciones que conducen a una fisica diferente,* par Pio Niro. Buenos-Aires, Compañia impresora Argentina, 1948; 1 fasc. 24cm.

Union géodésique et géophysique internationale. Publication n° 11. *Huitième assemblée générale* réunie à Oslo 19-28 août 1948. Édité par J.-M. Staag. 1 vol. 25cm.

Encyclopédie biologique. XXXII. *Le livre des plantes médicinales et vénéneuses de France,* par P. Fournier. T. III. Paris, Paul Lechevalier, 1948; 1 vol. 25cm (présenté par M. A. Chevalier).

*Trente années d'activité médicale et sociale au Maroc,* par Mme E. Delanoé. Paris, Librairie Maloine, 1949; 1 vol. 24cm (présenté par M. M. Caullery).

*Comptes rendus de l'Académie bulgare des sciences.* Sciences mathématiques et naturelles. T. I, nos 1, 2, 3. Sofia, Presses de l'Académie des sciences, 1948; 2 fasc. 24cm.

*Principes d'évolution végétale,* par B. A. Keller. Moscou, 1948; 1 vol. 26cm (en langue russe).

*L'académicien K. M. Baer et l'Académie de médecine chirurgicale,* par E. N. Pavlovski. Moscou, 1948; 1 vol. 26cm (en langue russe).

*Expédition épidémio-parasitologique en Iran et recherches parasitologiques.* Moscou, 1948; 1 vol. 26cm (en langue russe).

*The Brunels Father and Son,* by Celia Brunel Noble. London, Cobden-Sanderson, 1938; 1 vol. 23cm.

*Travail et sécurité.* Première année, nos 1-2, janvier-avril 1949, publié par l'Institut national de sécurité; 1 fasc. 27cm.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MAI 1949.

*Les principes de l'analyse géométrique.* T. I. *Leçons de géométrie vectorielle*, par GEORGES BOULIGAND. Paris, Librairie Vuibert, 1949; 1 vol. 24cm.

*Geophysical Society of Finland. Geophysica* 1 et 2. Helsinki, 1935; 2 vol. 25cm,5.

Union radioscientifique internationale. *Recueil des travaux de l'Assemblée générale* tenue à Stockholm du 12 au 23 juillet. Vol. VII, publié par le SECRÉTARIAT GÉNÉRAL DE L'U. R. S. I. Bruxelles, 1949; 1 vol. 24cm.

*Actualités scientifiques et industrielles.* 1072. *Thermodynamique de la turbine à gaz*, par PAUL CHAMBADAL. Paris, Hermann et Cie, 1949; 1 vol. 25cm,5.

Thèses présentées à la Faculté des sciences de l'Université de Rennes pour obtenir le titre de Docteur de l'Université de Rennes, par MARCEL SAINCLIVIER. 1° *Contribution à l'étude de quelques Aspergilles;* 2° *Propositions données par la Faculté.* T. I et II. Rennes, 1949; 2 fasc. 26cm.

A Short biography of japanese scientist, 1948. Vol. V-2. *Metallurgy.* Scientific Data Section. Scientific Education Bureau Ministry of Education Japan; 1 vol. polycopié 24cm.

*The list of natural science research organization under the jurisdiction of the Ministry of Education*, 1948. *Handbook of the japanese societics of natural science and cultural science*, 1949. *List of the learned societies in Japan*, 1949. Scientific Data Section. Scientific Education Bureau; Ministry of Education Japan; 3 ouv. polycopiés 36cm.

Extrait des *Annales de géophysique.* T. IV, fasc. III, 1948. *Alfred Lacroix* (1863-1948), et *Marcel Brillouin* (1854-1948), par CHARLES MAURAIN. Paris, 2 notices 27cm,5.

*Les laitiers métallurgiques et leurs réactions*, par E. EYT. Ouvrage publié sous les auspices de l'INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDÉRURGIE et du CENTRE DE DOCUMENTATION SIDÉRURGIQUE. Paris, Dunod. 1949; 1 vol. 24cm (présenté par M. P. Chevenard).

Extraits du *Traité de Chimie organique.* T. XVI : *Dérivés fonctionnels du groupe du norcamphane* et *Sesquiterpènes*, par RAYMOND CORNUBERT. Paris, Masson, 1949; 2 vol. 24cm.

*Annales du Bureau des Longitudes.* T. XII, publié avec le concours du CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE. Paris, Gauthier-Villars, 1949; 1 fasc. 28cm.

*Collection de monographies sur la théorie des fonctions. Sur les séries de base de polynomes quelconques*, par J.-M. WHITTAKER, avec la collaboration de C. GATTEGNO. Paris, Gauthier-Villars, 1949; 1 vol. 23cm,5 (présenté par M. E. Borel).

*Faune de l'Empire français.* XI. *Coléoptères carabiques de la région malgache* (Troisième partie), par RENÉ JEANNEL. Paris, Librairie Larose, et Office de la Recherche scientifique coloniale, 1949; 1 vol. 18cm (présenté par M. L. Fage).

Encyclopédie économique de sylviculture. VIII. *Les chênes. Monographie des genres* Quercus *et* lithocarpus, par AIMÉE CAMUS. T. III. *Explication des planches. Atlas.* Paris, Paul Lechevalier, 1948; 1 vol. et 1 carton 37cm (présenté par M. L. Blaringhem).

*Buitenzorg Scientific Centre*, published by ARCHIPEL DRUKHERIJ en 'T. Bœkhuis Buitenzorg. Java; 1 fasc. 18cm (présenté par M. A. Chevalier).

*Die Pilze. Grundzüge ihrer Entwicklungsgeschichte und morphologie*, von ERNST GÄUMANN. Bâle, Verlag Birkhäuser, s. d.; 1 feuille 24cm.

*Der Einflutz der Meereshöhe auf die Dauerhaftigkeit des Lärchenholzes*, von ERNST GÄUMANN. T. XXV, n° 2. Zurich, Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, 1948; 1 fasc. 24cm,5.

Idem. — T. LXVII, n° 3, janvier 1949; 1 feuille 21cm.

*Ueber das Problem der Welkekrankheiten bei Pflanzen*, von ERNST GÄUMANN. Extrait de *Fourt International Congress for Microbiology*. Copenhagen, Rosenkilde and Bagger, 1949; 1 fasc. 25cm,5.

*Notice nécrologique. Alfred Lacroix*, par MARCEL-E. DENÆYER. Extrait du *Bulletin de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie*. T. LVII. Fasc. 3, 1948. Bruxelles, Marcel Hayez, 1948; 1 fasc. 25cm.

*Hérédité. Clartés sur une énigme*, par MAURICE VERNET, in *Présences*. Paris, Plon, 1949; 1 vol. 19cm.

*Biogéographie et Écologie de la forêt dense ombrophile de la Côte d'Ivoire*, par AUGUSTE CHEVALIER. Conférence africaine des sols, goma (Kiw) Congo belge, 8-16 novembre 1948. Extrait du *Bulletin agricole du Congo belge*. Vol. XL. Fasc. I; 1 fasc. 23cm,5.

Encyclopédie myccologique. XIV. *Les agaricales. Classification. Révision des espèces. Iconographie. Comestibilité. Agaricaceæ*, par P. KONRAD, A. MAUBLANC. Paris, Paul Lechevalier, 1948; 1 vol. 25cm (présenté par M. R. Heim).

Id. XXIV. *Contribution à l'étude des zoocécidies du Maroc*, par † J.-M. MIMEUR. Paris, Paul Lechevalier, 1949; 1 vol. 25cm (présenté par M. A. Chevalier).

*Cepheid variable stars in the small Magellanic Cloud*, by HARLOW SHAPLEY and VIRGINIA MCKIBBEN NAIL. Extrait de *Proceedings of the American philosophical Society*. Vol. XCII, nº 4, 1948; 1 fasc. 26cm,5.

Centre international de synthèse. *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*. T. I, nos 1 à 4; T. II, nos 1 et 2. Paris, Presses universitaires de France, 1947 et 1948; 6 fasc. 25cm.

*Encyclopédie biogéographique et écologique*. V. *Recherches écologiques sur le littoral de la Manche*, par JEAN JACQUET. Paris, Paul Lechevalier, 1949; 1 vol. 25cm,5 (présenté par M. A. Chevalier).

*Les champignons parasites des plantes cultivées*, par G. VIENNOT-BOURGIN. T. I et II. Paris, Masson, 1949; 2 vol. 25cm (présenté par M. R. Heim).

*Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air. Thermocinétique*, par PIERRE VERNOTTE. Paris, Service de documentation et d'information technique de l'Aéronautique, 1949; 1 vol. 27cm.

*Traité de zoologie, anatomie, systématique, biologie*, publié sous la direction de PIERRE-P. GRASSÉ. T. IX. *Insectes* (*Paléontologie. Géonémie. Insectes inférieurs. Coléoptères*), par L. CHOPARD, R. DENIS, R. DESPAX, P.-P. GRASSÉ, R. JEANNEL, R. PAULIAN. Paris, Masson, 1949; 1 vol. 25cm.

(*à suivre.*)